

Laufer, Maximilian

Kino in der dritten Dimension. Kann das digitale Kino  
die Stereoskopie retten?

- Bachelorarbeit -

Hochschule Mittweida - University of Applied Science (FH)

Starnberg 2008

Laufer, Maximilian

Kino in der dritten Dimension. Kann das digitale Kino  
die Stereoskopie retten?

- eingereicht als Bachelorarbeit -

Hochschule Mittweida - University of Applied Science (FH)

Erstprüfer

Prof. Dr. Ing. Rainer Zschokelt

Zweitprüfer

Dipl. Ing. Florian Maier

Starnberg 2008

„Laufer, Maximilian:

Kino in der dritten Dimension. Kann das digitale Kino  
die Stereoskopie retten? - 2008 - 77 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien, Bachelorarbeit

„Referat

Die Bachelorarbeit widmet sich eingehend dem Thema der Stereoskopie. Dabei wird untersucht, wie sich die immer stärker werdende Digitalisierung im Filmbereich auf die Zukunft des 3-D Films auswirkt. In diesem Zusammenhang geht es vor allem um die Vorteile die das digitale Kino der Stereoskopie bringen kann. Mithilfe neuartiger Projektionstechniken können Fehler aus der Vergangenheit behoben werden und es könnte der Stereoskopie diesmal gelingen sich aus ihrem Nischendasein zu befreien.

Anhand einer theoretischen Einführung soll das Thema Stereoskopie zunächst genauer erörtert werden. Dabei wird auch geklärt wie räumliches Sehen physiologisch überhaupt erst möglich wird. Geschichtliche Entwicklungen sollen zudem eine Verbindung zu der Gegenwart des 3-D Films schaffen und vergangene Hochphasen des 3-D Kinos beleuchten.

Im weiteren Verlauf werden aktuelle Technologien auf dem Gebiet der digitalen Produktion, Post-Produktion und Vorführung stereoskopischer Filme vorgestellt. Dabei wird auf technische Vor- und Nachteile eingegangen und letztendlich verdeutlicht, welche Chancen und Möglichkeiten ein rein digitaler Arbeitsablauf der Produktion von digitalen 3-D Filmen eröffnen kann. Zuletzt soll noch eine persönliche Einschätzung gegeben werden, wie es mit der Zukunft des 3-D Kinos weitergehen könnte.

## Inhalt

|  |           |
|--|-----------|
| Referat.....   | II        |
| Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....   | V         |
| Vorwort.....   | VII       |
| Einleitung.....  | VII       |
| <br>   |           |
| <b>1. Die Stereoskopie in der Theorie.....</b>                                     | <b>12</b> |
| 1.1 Physiologische Grundlagen.....   | 12        |
| 1.1.1 Aufbau und Funktion des menschlichen Auges.....                              | 13        |
| 1.1.2 Akkommodation und Konvergenz.....  | 14        |
| 1.1.3 Die Fusion der Bilder.....   | 15        |
| 1.1.4 Die Querdisparation.....   | 16        |
| 1.2 Der Eindruck von der Tiefe im Raum.....  | 17        |
| 1.2.1 Monokulare Tiefenhinweise.....   | 17        |
| 1.2.1.1 Die geometrische Perspektive.....  | 18        |
| 1.2.1.2 Die Luftperspektive.....   | 19        |
| 1.2.1.3 Die Verteilung der Farben<br>innerhalb des Objektraumes.....               | 20        |
| 1.2.1.4 Die Teilweise Überdeckung<br>hintereinanderliegender Objekte.....          | 20        |
| 1.2.1.5 Die Verteilung von Licht und Schatten<br>innerhalb des Objektraumes.....   | 21        |
| 1.2.1.6 Die Bewegungsplastik.....  | 22        |
| 1.2.2 Binokulare Tiefenhinweise.....   | 23        |
| 1.3 Richtlinien zur Erstellung stereoskopischer Halbbilder.....                    | 24        |
| 1.3.1 Der stereoskopische Raum.....  | 25        |
| 1.3.2 Die parallaktische Verschiebung.....   | 26        |
| 1.3.3 Die Punkte im Raum.....  | 27        |
| 1.3.4 Grundregeln bei der stereoskopischen Aufnahme.....                           | 29        |
| <br>   |           |
| <b>2. Die Geschichte der Stereoskopie.....</b>                                     | <b>32</b> |
| 2.1 Die Anfänge der Stereoskopie.....  | 33        |
| 2.2 Die „Stereomanie“.....   | 34        |
| 2.3 Das Kaiserpanorama.....  | 37        |
| 2.4 Bewegte Bilder in 3D.....  | 41        |
| <br>   |           |
| <b>3. Die Stereoskopie im High Definition Zeitalter.....</b>                       | <b>43</b> |
| 3.1 Aktuelle Möglichkeiten der digitalen 3-D Produktion.....                       | 44        |
| 3.1.1 Das Spiegelsystem am Beispiel des 3-D Rigs <sup>1</sup> von P&S Technik..... | 45        |
| 3.1.1.1 Grundprinzip und besondere Merkmale des Systems.....                       | 46        |
| 3.1.1.2 Das 3-D Rig in der praktischen Anwendung.....                              | 48        |
| 3.1.2 Das „Seite - an -Seite“-System „TS-3“ der Firma 3ality.....                  | 50        |
| 3.1.2.1 Grundprinzip und besondere Merkmale des Systems.....                       | 52        |

---

<sup>1</sup> *Rig* steht in diesem Zusammenhang als Synonym für System. Wörtlich aus dem engl. übersetzt bedeutet *rig* - *Ausrüstung (f)* (Vgl. dict.cc - Internet Deutsch - Englisch Wörterbuch. Eingabe „rig“, URL: <http://www.dict.cc/englisch-deutsch/rig.html>; abgerufen am 21.08.2008 ). Der Ausdruck wird in der Literatur sowie hauptsächlich der fachlichen Umgangssprache fast ausschließlich verwendet.



|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 3.1.2.2 | Das TS-3 Rig in der praktischen Anwendung.....             | 53        |
| 3.1.3   | Fazit aus dem Vergleich.....                               | 55        |
| 3.2     | 3-D in der Postproduktion.....                             | 56        |
| 3.3     | Die digitale Projektion von 3-D Filmen.....                | 58        |
| 3.3.1   | Das Polarisationsverfahren.....                            | 60        |
| 3.3.2   | Das Projektionssystem von XPanD.....                       | 62        |
| 3.3.3   | Das Infitec-Verfahren.....                                 | 63        |
| 3.4     | Digitale 3-D Kinos im Vergleich GER / AUT / SUI / USA..... | 65        |
| 3.5     | Kommende stereoskopische Filmproduktionen.....             | 67        |
| 4.      | <b>Schlusswort.....</b>                                    | <b>68</b> |
| 5.      | <b>Literaturverzeichnis.....</b>                           | <b>71</b> |
| 6.      | <b>Quellenverzeichnis der Abbildungen.....</b>             | <b>75</b> |
| 7.      | <b>Erklärung zur selbstständigen Anfertigung.....</b>      | <b>77</b> |

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

|                                 |  |    |
|---------------------------------|--|----|
| <i>Abbildung 1:</i>             | Schematischer Aufbau des Auges.....              | 13 |
| <i>Abbildung 2:</i>             | Parallelstellung der Augen.....                  | 14 |
| <i>Abbildung 3:</i>             | Konvergenz auf nahen Gegenstand.....             | 14 |
| <i>Abbildung 4:</i>             | Theoretischer Horopter.....                      | 15 |
| <i>Abbildung 5:</i>             | Beispiele von Querdissparationen.....            | 16 |
| <i>Abbildung 6:</i>             | Perspektive.....                                 | 18 |
| <i>Abbildung 7:</i>             | Das Blau der Ferne.....                          | 20 |
| <i>Abbildung 8:</i>             | Überdeckung von Gegenständen.....                | 20 |
| <i>Abbildung 9:</i>             | Direkter Vergleich der Beleuchtung.....          | 21 |
| <i>Abbildung 10:</i>            | Die Punkte im stereoskopischen Raum.....         | 25 |
| <i>Abbildung 11:</i>            | Die parallaktische Verschiebung.....             | 26 |
| <i>Abbildung 12:</i>            | Spiegelstereoskop von Wheatstone.....            | 34 |
| <i>Abbildung 13:</i>            | Brewsters Linsenstereoskop.....                  | 35 |
| <i>Abbildung 14:</i>            | Holmes-Stereoskop.....                           | 35 |
| <i>Abbildung 15:</i>            | Stereokamera von 1860.....                       | 36 |
| <i>Abbildung 16:</i>            | Das „Kaiserpanorama“ .....                       | 37 |
| <i>Abbildung 17,<br/>oben:</i>  | Stereofoto vom münchener Gärtnerplatz, 1870..... | 40 |
| <i>Abbildung 17,<br/>unten:</i> | Stereofoto in Anaglyphdarstellung.....           | 40 |
| <i>Abbildung 18:</i>            | 3-D Rig von P&S im Ausseneinsatz.....            | 45 |
| <i>Abbildung 19:</i>            | Seitenansicht eines Mirror-Rigs.....             | 46 |
| <i>Abbildung 20:</i>            | RBT 3-D Digitalkamera.....                       | 50 |

|                      |   |    |
|----------------------|---|----|
| <i>Abbildung 21:</i> | Side-by-Side-System.....                    | 52 |
| <i>Abbildung 22:</i> | Side-by-Side-Rig von 3ality.....            | 53 |
| <i>Abbildung 23:</i> | Unterschiedliche Polarisationsmethoden..... | 60 |
| <i>Abbildung 24:</i> | Projektion mit Shutter-Brille.....          | 62 |
| <i>Abbildung 25:</i> | Wellenlängenmultiplexverfahren.....         | 64 |
| <i>Tabelle 1:</i>    | Digitale Kinos in Ger / Aut / Sui.....      | 65 |
| <i>Tabelle 2:</i>    | Kommende 3-D Filme 2008 / 2009.....         | 67 |

## **Vorwort**

Bereits lange vor Beginn dieser Bachelorarbeit ergab sich für mich die Schwierigkeit ein passendes Thema zu finden. Aufgrund meiner Tätigkeit als freiberuflicher Kameraassistent war ich auf der Suche nach einer Thematik, welche mich auch in meiner praktischen Arbeit weiterbringen könnte. Durch den Besuch verschiedener Messen und Fachaustellungen der Unterhaltungsindustrie wurde ich schließlich auf das Thema Stereoskopie und den 3-D Film aufmerksam. Bisher hatte ich schon einige Vorstellung stereoskopischer Filme besucht und war auch von dieser Möglichkeit der räumlichen Darstellung fasziniert. Doch ich konnte mir nicht vorstellen, selbst einmal die Möglichkeit zu bekommen, einen solchen Film drehen zu können. Somit beschloss ich mich diesem Thema näher zu widmen.

Durch intensive Recherche, das Verfassen dieser Bachelorarbeit und meiner anhaltenden, persönlichen Begeisterung für dieses Gebiet, habe ich mir nun ein umfangreiches theoretisches Grundwissen über die Materie der digitalen Stereoskopie aneignen können.

Zusätzlich sei noch erwähnt, dass ich bestehende, theoretische Kenntnisse zur Stereoskopie, durch die Teilnahme an praktischen Workshops und Testdrehs weiter ausbauen musste, um mir über bestimmte Zusammenhänge klar zu werden. Hierbei konnte ich viele wichtige Erfahrungen sammeln.

An dieser Stelle ist es nun auch Zeit allen Menschen zu danken die mir, mit ihrer Begeisterung und Sichtweise, das Thema 3-D Film persönlich näher gebracht haben. Beginnend mit Florian Maier, meinem Zweitbetreuer für diese Arbeit, der mir einen ersten theoretischen Einblick in die Stereoskopie ermöglicht hat und sich bei Fragen und Diskussionen immer als kompetenter und geschätzter Gesprächspartner erwiesen hat. Neben der praktischen und theoretischen Grundausbildung durch Florian Maier, möchte ich mich auch sehr bei Alaric Hamacher (Firma Virtual Experience, München) bedanken, welcher mir, aufgrund seiner langjährigen praktischen Erfahrung im Produzieren von stereoskopischen 3-D Filmen, das gezielte Arbeiten in der Praxis und die Aufnahme von räumlichen Bildern beigebracht hat. Erst durch diese praktische Arbeit habe ich die Scheu vor dieser Art der Kameraarbeit verloren und eine zusätzliche Dimension bei der Gestaltung von bewegten Bildern entdeckt.

Herzlich danken möchte auf diesem Weg auch meiner Schwiegermutter in Spe, Frau Gabriele Windl. Sie war mir, aufgrund ihrer Arbeit in einer Gemeindebücherei, sehr dabei behilflich die benötigte und zum Teil sehr schwer zugängliche Literatur zum Thema Stereoskopie zu besorgen. Dadurch war mir ein komfortables Arbeiten von Zuhause aus möglich, was mir sehr viel Zeit und Mühen erspart hat. Und nicht zu vergessen mein Erstbetreuer, Herr Professor Dr.-Ing. Rainer Zschokelt, der Hochschule Mittweida. Ihm möchte ich für die Zulassung meines Vorschlages danken. Ohne seine Zustimmung hätte die Bearbeitung der vorliegenden Arbeit voraussichtlich niemals statt gefunden und hätte mir persönlich keine so große Freude bereitet.

## Einleitung

*„Ich denke viel an die Zukunft, weil das der Ort ist, wo ich den Rest meines Lebens zubringen werde.“<sup>1</sup>*

Die Zukunft des Kinos ist digital. Diese Entwicklung lässt sich auf breiter Basis genauso wenig aufhalten, wie zuvor die technische Entwicklung von der Schallplatte zur CD oder der Weg von der guten, alten Videokassette hin zur DVD oder neuerdings Blue-Ray Disc. Und somit wird es auch dazu kommen, dass in Zukunft ein Filmvorführer keine Filmrollen mehr in den Projektor einlegt und startet, sondern einfach die Taste Play betätigt. Und schon wird der Streifen von einem zentralen Server abgespielt und vom Projektor übertragen. Das alles findet in Zukunft digital statt. Das Ende des Zelluloid Filmes, als Abspielmedium, tritt in greifbare Nähe.

Die Entwicklung hin zur digitalen Projektion erscheint dabei nur logisch. Wenn man die Produktionsseite näher betrachtet, wird man feststellen, dass heutzutage immer mehr Kinoproduktionen in HD<sup>2</sup> und nicht mehr länger nur auf 16 mm oder 35 mm Film gedreht werden. Das Arbeiten mit digitaler Technik senkt auf Dauer die Produktionskosten im Kamerabereich. Vor allem, wenn demnächst der Weg des fertigen Films ins Kino ohne Umwege über eine analoge Kinokopie, direkt per Satellitenverbindung erfolgen kann.

Zusammen mit der technischen Umstellung auf eine digitale Projektion meldet sich nun auch wieder das 3-D Kino, die Stereoskopie, zurück. Als Hauptursache für die Unattraktivität des 3D<sup>3</sup>-Kinos galt lange Zeit die komplizierte und kostspielige Projektion über zwei separat laufende Filmprojektoren, sowie der komplexen Technik bei der Aufnahme,

---

<sup>1</sup> Zitat von Woody Allen, amerikan. Regisseur u. Schauspieler, \*1935

<sup>2</sup> HD als Abkürzung steht für High Definition, also Bilder mit einer höheren Auflösung als z.B. Pal oder NTSC. Allgemein auch bekannt unter der Bezeichnung HDTV, dem hochauflösendem Fernsehen.

<sup>3</sup> Die Bezeichnung 3-D wird auch oft im Zusammenhang mit computergenerierten Animationsfilmen benutzt. Im Folgenden steht die Bezeichnung 3-D für stereoskopische, dreidimensionale Darstellung.

wie es z.B. bei älteren Imax<sup>4</sup>-Produktionen der Fall war. Technisch bedingte Schwierigkeiten bei der Vorführung minderten das Seherlebnis vieler Zuschauer und führten teilweise sogar zu Kopfschmerzen und Übelkeit. Diese Schwierigkeiten sollen durch einen rein digitalen 3-D Arbeitsablauf in Zukunft vermieden werden.

In einem modernen, digitalen Lichtspielhaus wird es zunehmend möglich sein, die Projektion von einem 2D-Film auf eine 3D-Projektion binnen kürzester Zeit ohne großen technischen Aufwand umzustellen. Die Nachteile früherer, analoger Projektionssysteme sind überwunden. Nur eine 3D-Brille bleibt zunächst die Voraussetzung für den Genuss stereoskopischer Filme.

Durch die Möglichkeit der digitalen Projektion wird der Stereoskopie somit erneut eine Chance gegeben sich zu bewähren. Unterstützt wird das auf der Produktionsseite sowohl durch die Zuhilfenahme kostengünstiger HD-Kameras, als auch neuer intelligenter Software im Bereich der Nachbearbeitung<sup>5</sup>.

Für die nächsten Jahre sind bereits einige Kinoproduktionen in 3D geplant. Mit großer Spannung wird in diesem Zusammenhang der Spielfilm „Avatar“ von James Cameron<sup>6</sup> erwartet. Aber noch lange vor dem Erscheinen dieses Werkes und ungeachtet dessen möglichen Erfolges, stellt sich nun die Frage, ob es der Stereoskopie nunmehr gelingen wird, sich einen festen Platz neben dem traditionellen Kino zu erarbeiten. Dabei möchte ich mich in meinen Ausführungen und Recherchen primär am deutschen Markt orientieren, da in anderen Ländern sehr unterschiedlich mit dem Thema umge-

---

<sup>4</sup> Die geschützte Bezeichnung *IMAX* setzt sich zusammen aus den engl. Wörtern *imagination* und *maximum*. Dabei handelt es sich um eine spezielle Art der Filmprojektion, mit der auch sehr große Leinwände bespielt werden können. (Vgl. Meyers LexikonOnline 2.0. Eingabe: *IMAX*. URL:<http://lexikon.meyers.de/meyers/imax>; abgerufen am 10.08.2008). Die weltweit insgesamt 298 IMAX-Kinos werden nach Presseangaben im Laufe der nächsten Jahre auch schrittweise auf digitale Projektionstechnik umgerüstet. (Vgl. kein Autor: IMAX wird digital. In: c't, Nr. 16/2008, S.35)

<sup>5</sup> In Fachkreisen wird auch oft die engl. Bezeichnung Post-Production verwendet. Die Bezeichnung beinhaltet dabei jegliche Art der Bearbeitung von analogem oder digitalen Filmmaterials wie z.B. Schnitt und/oder Farbkorrektur.

<sup>6</sup> Kanadisch - amerikanischer Filmregisseur, Drehbuchautor und Produzent. Größter Erfolg mit dem Katastrophenfilm „Titanic“, von 1997. (Vgl. Meyers LexikonOnline 2.0. Eingabe: *James Cameron*. URL: [http://lexikon.meyers.de/meyers/Cameron\\_\(amerikanische\\_Filmregisseure\)](http://lexikon.meyers.de/meyers/Cameron_(amerikanische_Filmregisseure)); abgerufen am 10.08.2008 ) James Cameron zählt in Fachkreisen zu einem der innovativsten und mutigsten Regisseure Hollywoods.

gangen wird. Besonders in den USA, wobei sich dort die Zahl der digitalen 3-D-fähigen Kinosäle bereits auf über 700 beläuft.<sup>7</sup>

Zur Heranführung an das Thema beschäftigt sich **Punkt 1** der Arbeit mit der Theorie der Stereoskopie. Hierbei wird zunächst auf die Physiologie des menschlichen Sehens, sowie der dazugehörigen Faktoren zur Wahrnehmung räumlicher Tiefe eingegangen, welche zusammen die Grundlagen für das Betrachten dreidimensionaler Bilder bilden. Im weiteren werden die Grundbegriffe der stereoskopischen Aufnahme erläutert. Hinzu kommen Richtlinien und Gebote, welche entscheidend für eine fehlerfreie 3-D Produktion sind und zudem in engem physiologischen Zusammenhang mit dem menschlichen Sehen.

Eine Überleitung zum aktuellen Stand der Technik enthält **Punkt 2**, welcher sich mit der geschichtlichen Entwicklung und vor allem den Hochphasen der Stereoskopie beschäftigt. Zu oft wird vergessen, dass es sich bei der Stereoskopie - so modern sie heute wieder erscheinen mag - um eine über 150 Jahre alte Technik handelt. Auch wenn es anfangs ausschließlich möglich war mit Zeichnungen und Fotografien zu arbeiten, wurde in der Zeit um 1838 für diese Technik schon der Grundstein gelegt. Am Grundprinzip hat sich im wesentlichen bis heute nichts geändert. Die Ausführungen zum geschichtlichen Hintergrund sollen dabei das Verständnis für die Entstehung und die Entwicklung dieser faszinierenden Technik vertiefen.

Das Hauptaugenmerk der Arbeit liegt jedoch auf **Punkt 3** und somit auf dem aktuellen Stand der Stereoskopie, betreffend sowohl die Produktion wie auch die Darstellung von 3-D Bildern. Aufgrund der allgemeinen rasanten Entwicklung im Bereich der digitalen Medien und hier speziell der neuesten Entwicklungen bei der Stereoskopie, hinken Veröffentlichungen dem letzten Stand der Technik oft hinterher. Viele Erkenntnisse stammen deswegen aus persönlichen Dreh-Erfahrungen, Seminaren und Workshops zum Thema digitale Stereoskopie<sup>8</sup>. Durch meine Erfahrungen aus der Praxis ist es mir jedoch möglich, die teilweisen Vor- und Nachteile der vorgestellten Geräte besser nachvollziehen und darstellen zu können.

Abschließend wird ein Überblick über die Zahl der 3D-fähigen Kinos in Deutschland, Österreich, Schweiz und den USA gegeben, sowie eine Aufzählung verschiedener 3D - Formate, die in der nächsten Zeit veröffentlicht werden.

---

<sup>7</sup> Vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 72

<sup>8</sup> Einige Systeme waren zum aktuellen Stand der Arbeit noch nicht einmal auf dem freien Markt erhältlich.



Zum Ende der Ausführungen wird versucht eine Antwort auf die Frage zu geben, ob es der Stereoskopie diesmal gelingen wird, in Verbindung mit dem digitalen Kino, ihr Nischendasein abzustreifen und eine vielleicht revolutionäre, mindestens aber gefestigte Marktakzeptanz in hierfür besonders geeigneten Bereichen zu erreichen.

## 1. Die Stereoskopie in der Theorie

Das 3D-Kino erlebt derzeit, dem digitalen Zeitalter sei es gedankt, eine Art Wiedergeburt. Die Techniken, mit denen stereoskopische Aufnahmen hergestellt, bearbeitet und projiziert werden, sind in ihrem Ursprung jedoch nicht wirklich neu. Digitale Technik vereinfacht nur vieles und kann die Produktion, sowie die Projektion von Stereofilmen auf lange Sicht wirtschaftlich erschwinglich machen. Mehr noch als bei der Produktion von traditionellen 2-D Filmen bedarf es bei der Herstellung von stereoskopischen Filmen einer Auseinandersetzung mit den theoretischen Grundlagen dieser Technik. Nur so kann eine einwandfreie, für den Zuschauer angenehme Präsentation des späteren 3-D Filmes gewährleistet werden.

### 1.1. Physiologische Grundlagen

Es ist das Zusammenspiel von Augen und Gehirn, welches uns ermöglicht, räumliche Bilder überhaupt erst wahrzunehmen. Dabei bilden die zwei Augen des Menschen das so genannte *Doppelauge*, eine Funktionsgemeinschaft mit der Sehleitung und bestimmten Elementen des Gehirns. Diese Elemente bilden zusammen das *Sehorgan*.<sup>9</sup>

Jedes Einzelauge empfängt dabei während des freien Sehen ein voneinander etwas abweichendes, flaches Bild auf der Netzhaut. Verantwortlich für die Doppelbilder ist der Augenabstand von durchschnittlich 63 mm beim Erwachsenen Menschen, sowie einem mittleren Wert von etwa 56 mm bei Kindern von 10 Jahren.<sup>10</sup>

Auf diese Weise entsteht ein natürlicher, räumlicher Eindruck. Die verschiedenen Einzelvorgänge und deren Zusammenhänge für das räumliche Sehen werden im folgenden genauer erörtert.

---

<sup>9</sup> Vierling, 1965, S. 2

<sup>10</sup> Kuhn, 1999, S. 40

### 1.1.1 Aufbau und Funktion des menschlichen Auges

Die Funktionen des menschlichen Auges lassen sich in seinen Grundzügen gut mit den Funktionen einer Kamera vergleichen.

Dabei bildet das Auge eine Art Dunkelkammer, deren äußere Hülle aus der undurchsichtigen weißen Lederhaut und der stärker gewölbten durchsichtigen Hornhaut besteht.

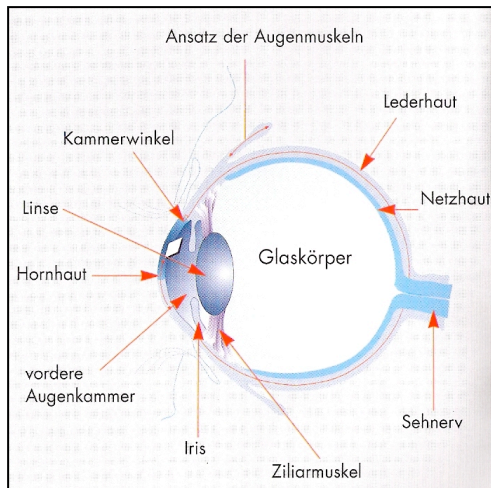


Abb. 1 - Schematischer Aufbau des Auges

Dahinter liegt die Regenbogenhaut, die *Iris*, durch welche das Licht wie durch eine Blende ins Auge eindringen kann. Durch Änderung der Öffnungsgröße reagiert die Iris dabei auf verschiedene Lichtstärken.<sup>11</sup>

Die *Linse* im Auge ist elastisch und bikonvex. Sie ist vergleichbar mit einem Objektiv. Mit Hilfe des Ziliarmuskels verändert die *Linse* ihre Brechkraft und sorgt damit für die Möglichkeit des schnellen Scharfsehens. Diesen Vorgang nennt man

Akkommodation.<sup>12</sup>

Das durch die Iris eintreffende Licht fällt nun auf die Netzhaut, die *Retina*. Die Netzhaut im Auge hat eine ähnliche Funktion wie etwa der Film im Fotoapparat oder der lichtempfindliche Chip einer Digitalkamera. Auf ihr entsteht ein verkleinertes, umgekehrtes Bild, welches von den *Photorezeptoren* aufgenommen wird. Mittels des Sehnervs wird es an das zentrale Nervensystem weitergeleitet. Die Sinnesreize aus den Augen werden dann vom Gehirn empfangen und zu einem räumlichen Bild weiterverarbeitet.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Vgl. Hartwig, 1907, S. 2

<sup>12</sup> Vgl. Kuhn, 1999, S. 38 - 39

<sup>13</sup> Vgl. Kuhn, 1999, S. 38

### 1.1.2. Akkommodation und Konvergenz

Wenn ein Mensch seine Umwelt betrachtet, sind die Augen in ständiger Bewegung. Wird ein Objekt fixiert, ändert sich der Winkel der Sehachsen bzw. der Blicklinien zueinander, je nachdem, ob sich das Objekt dabei näher oder entfernter vom Betrachter befindet.<sup>14</sup>

In Abb. 2 treffen sich die Blicklinien bei den Augen so, dass ihr Schnittpunkt im anvisierten Gegenstand liegt. Die Augen *konvergieren* auf den fixierten Gegenstand. Dabei bilden sie miteinander den *Konvergenzwinkel*. Dessen Größe ist abhängig vom Augenabstand der Betrachters sowie der Entfernung des fixierten Gegenstandes (*Fixationspunkt*) zum Betrachter. Beim Blicken auf unendlich ferne Gegenstände laufen die Blicklinien parallel zueinander, wie in Abb. 3 zu erkennen ist.<sup>15</sup> Eine divergierende<sup>16</sup> Bewegung der Augen ist nur in sehr begrenztem Maße möglich. In der physiologischen Literatur wird dazu ein maximaler Winkel von ca 1,5° angegeben, bei dem die Divergenzstellung der Augen als noch nicht sehr unangenehm empfunden wird<sup>17</sup>.

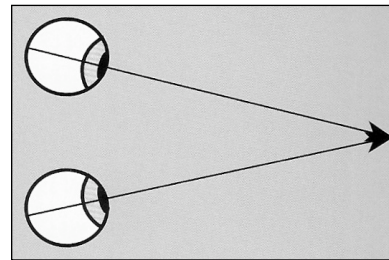


Abb. 2 - Parallelstellung der Augen

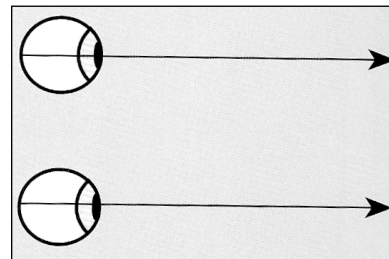


Abb. 3 - Konvergenz auf nahen Gegenstand

Die Veränderung des Winkels der Sehachsen bezeichnet man, bei der Verschiebung des Fixationspunktes von der Ferne auf einen näheren Punkt, als *Konvergenzbewegung*. Den umgekehrten Fall, die Verschiebung der Fixation von einem nahen Punkt auf einen Punkt im Unendlichen, nennt man *Divergenzbewegung*.<sup>18</sup>

Parallel zu den Konvergenz- und Divergenzbewegungen erfolgt die Akkommodation, das automatische Scharfstellen des Auges auf den betrachteten Gegenstand. Akkommodation und Konvergenz sind miteinander verknüpft.

<sup>14</sup> Vgl. Kuhn, 1999, S. 40

<sup>15</sup> Vierling, 1965, S. 4

<sup>16</sup> Divergierend bedeutet auseinander gehend, in entgegengesetzter Richtung verlaufend (Vgl. Duden, Begriff: *divergierend* S. 236 )

<sup>17</sup> Kuhn, 1999, S. 41

<sup>18</sup> Kuhn, 1999, S. 40

Das Zusammenspiel dieser beider Faktoren ermöglicht es uns, Objekte in verschiedenen Entfernungen scharf zu sehen. Der Bereich des *direkten Sehens* betrifft jedoch nur etwa 2 - 3 °. Dies ist der Bereich in dem Objekte in ihrer Gesamtheit scharf auf der Netzhaut abgebildet werden. Gleichzeitig entstehen beim Betrachten von flächenhaft ausgedehnten Objekten auch periphere Bilder auf der Netzhaut, welche unscharf auf der Netzhaut dargestellt werden.

Dieser Bereich des *indirekten Sehens* wird jedoch kompensiert durch das ständige Abtasten des Raumes durch das Zusammenspiel von Konvergenzbewegungen und automatischer Akkommodation.<sup>19</sup>

### 1.1.3 Die Fusion der Bilder

Auch wenn unsere Augen, einzeln betrachtet, zwei perspektivisch leicht unterschiedliche Bilder liefern, nehmen wir Objekte, die wir anvisieren, als ein ganzes Bild wahr. Möglich macht dies das *Fusionsvermögen* unserer Augen. Ein einheitlicher Bildeindruck entsteht immer dann, wenn die Bilder eines Objektes in der Netzhaut auf Stellen treffen, die einander zugeordnet sind. So genannte *korrespondierende Netzhautstellen*. Ebenfalls fusioniert werden Bilder in unmittelbarer Umgebung solcher korrespondierender Netzhautstellen, dem so genannten *Panumbereich*.<sup>20</sup>

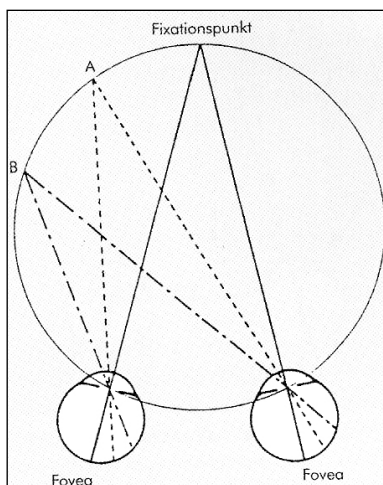


Abb. 4 - Theoretischer Horopter

Abbildung 4 zeigt Punkte im Raum, welche sich neben dem Fixationspunkt befinden. Bei Ausrichtung der Augen auf den Fixationspunkt treffen die Punkte A und B ebenfalls auf korrespondierende Netzhautelemente. Hierbei ergibt sich bei der Zeichnung aller Raumpunkte, die bei gegebener Blickrichtung auf korrespondierende Netzhautstellen fallen, ein Kreisumfang über der Sehne, welche den Augenabstand bildet. Dieser Kreis wird in der Physiologie als *Horopter* bezeichnet.

<sup>19</sup> Vierling, 1965, S. 4-5

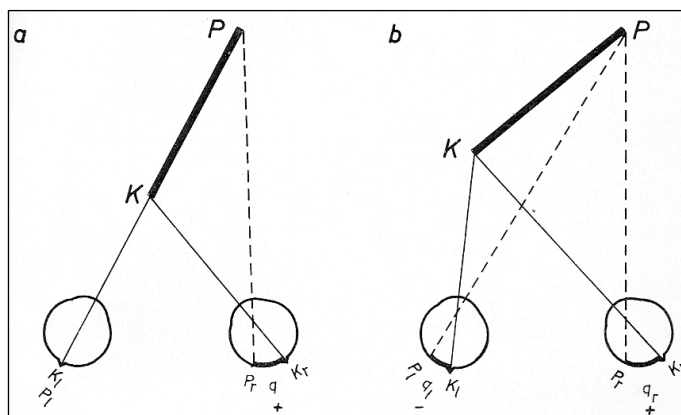
<sup>20</sup> Vierling, 1965, S. 6-7

Fällt ein Punkt vor oder hinter den Horopter und somit auf nichtkorrespondierende bzw. *disparate* Netzhautzellen, so kommt es nicht zur Fusion und es entstehen Doppelbilder.<sup>21</sup> Diese werden jedoch beim normalen Sehen nicht bewusst wahrgenommen.

#### 1.1.4 Die Querdisparation

Unter Querdisparation oder auch *Breitenabweichung* bezeichnet man den horizontalen Lageunterschied des linken und rechten Bildes auf der Netzhaut. Die Bezeichnung Querdisparation kann im übrigen auch mit dem Begriff der *paralaktischen Verschiebung*<sup>22</sup> im Zusammenhang mit der stereoskopischen Aufnahme und Projektion gesehen werden, welche uns später noch beschäftigen wird. Zur Verdeutlichung sollen hierbei die Beispiele aus Abb. 5 dienen.

Sie zeigen verschiedene Beobachtungslagen eines Gegenstandes, der sich



zwischen den Kanten K und P erstreckt. Die Blicklinien konvergieren dabei jeweils auf den Punkt K.

Es kann beobachtet werden, dass die Bilder des Punktes P jeweils an verschiedenen Stellen im lin-

Abb. 5 - Beispiele von Querdisparationen

ken und im rechten Auge erscheinen. Dabei erhalten Abweichungen in nasale Richtung ein positives und Abweichungen in Richtung der Schläfen ein negatives Vorzeichen zur Verdeutlichung. Das *Beispiel a* zeigt zudem einen Extremfall, bei dem sich im linken Auge die Punkte K<sub>l</sub> und P<sub>l</sub> überdecken und auf die selbe Stelle der Netzhaut fallen.

Wie in den Beispielen zu sehen ist, fallen die Bilder des Punktes P nicht auf korrespondierende Stellen auf der Netzhaut. Somit sollte angenommen werden, dass es zu keiner Fusion kommen kann, weil mit Doppelbildern zu

<sup>21</sup> Kuhn, 1999, S. 41

<sup>22</sup> Kuhn, 1999, S.24 / 40

rechnen ist. Dies trifft jedoch nur zu, wenn die Breitenabweichung der Punkte K und P zu groß wird. Bei geringen Abweichungen im Winkel kann eine Fusion der Bilder trotzdem statt finden. Es entstehen keine Doppelbilder. Der Unterschied der Netzhautbilder im linken und rechten Auge, die Querdissparation, bildet somit die Grundlage unseres räumlichen Sehens mit zwei Augen.<sup>23</sup>

## 1.2 Der Eindruck von Tiefe im Raum

Die Menschliche Physiologie gibt uns einen Grundschatz an Fähigkeiten mit auf den Weg, um unsere Umwelt räumlich wahrnehmen zu können. Wegen dieser Fähigkeiten ist es uns möglich, Größenverhältnisse und Entfernungen abschätzen zu können. Diese Aussage bezieht sich auf das binokulare, das zweiäugige Stereo - Sehen. Dabei ist räumliches Sehen nicht nur auf das binokulare Sehen limitiert, sondern auch als eine Kombination aus *monokularen ( einäugigen )* und *binokularen Tiefenhinweisen* zu betrachten.

### 1.2.1 Monokulare Tiefenhinweise

Auch mit nur einem einzigen Auge ist es möglich, Motive räumlich wahr zu nehmen. Ohne die Tiefenhinweise hätten Künste wie die Malerei, Fotografie oder das Kino nicht die Wirkung, welche wir heute von ihnen gewohnt sind. Hierzu werden von HELMHOLTZ die wesentlichen Hinweise für die monoobjektive Tiefenerkennung wie folgt definiert:

1. *Die Geometrische Perspektive.*
2. *Die Luftperspektive*
3. *Die Verteilung der Farben innerhalb des Objektraumes*
4. *Die teilweise Überdeckung hintereinanderliegender Objekte*
5. *Die Verteilung von Licht und Schatten innerhalb des Objektraumes (Die Schattenplastik)*
6. *Die vorspringenden und zurücktretenden Farben (Farbenplastik / Farbenstereoskopie)*
7. *Die Bewegungsplastik (Bewegungsstereoskopie / Eisenbahn - Effekt).<sup>24</sup>*

---

<sup>23</sup> Vierling, 1965, S. 8 - 10

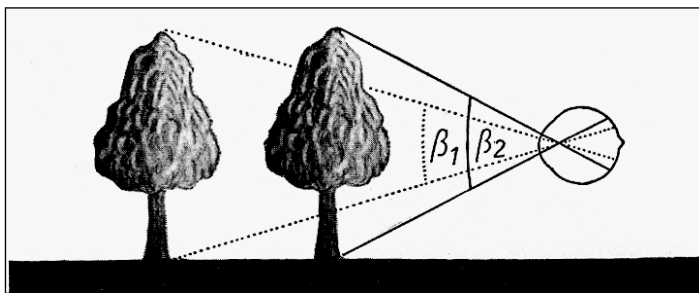
<sup>24</sup> Helmholtz, 1910, S. 236-245, S. 246 - 249

Die zuvor aufgezählten Faktoren werden nachfolgenden zusammengefasst und kurz erläutert, da es sich hierbei um wichtige Grundlagen und Mittel zur Bildgestaltung, nicht nur im stereoskopischen Kontext, sondern auch im traditionellen, zweidimensionalen Bereich handelt.

Auf Punkt 6, die Bedeutung der vor- und zurückspringen Farben, wird hierbei nicht näher eingegangen, da es sich dabei mehr um unterschiedliche Interpretation verschiedener Autoren und Künstler handelt und m.E. nach im gegebenen Zusammenhang vernachlässigt werden kann.

### 1.2.1.1 Die Geometrische Perspektive

Wenn wir ein und dasselbe Objekt in der Außenwelt einäugig bzw. monokular aus verschiedenen Entfernungen betrachten, so erscheint es uns aus der Nähe größer als aus weiterer Entfernung.<sup>25</sup>



Entscheidend ist, wie in Abb. 6 zu erkennen, der Gesichtswinkel. Winkel  $\beta_1$  erzeugt hier auf der Netzhaut ein kleineres Bild vom weiter entfer-

Abb. 6 - Perspektive

ten Gegenstand, im Gegensatz zum größeren Netzhautbild, welches durch das näher gelegene Objekt und den dazugehörigen Winkel  $\beta_2$  gebildet wird.<sup>26</sup>

Aufgrund unserer Erfahrung ist uns die wahre Größe von Gegenständen meist bewusst. Wir können somit Rückschlüsse über deren Entfernung ziehen und erhalten somit einen räumlichen Eindruck.<sup>27</sup>

Zur Perspektive sei noch das Phänomen der zusammenstrebenden Linien erwähnt, auch wenn hierzu in der Literatur oft eine Differenzierung statt findet.

Im Falle von Begrenzungsstreifen einer geradeaus laufenden Fahrbahn, weiß ein Beobachter z.B., dass diese in Wirklichkeit parallel verlaufen müssen.

<sup>25</sup> Hartwig, 1907, S. 6

<sup>26</sup> Vierling, 1965, S. 12

<sup>27</sup> Hartwig, 1907, S. 6

Tun sie dies jedoch aus seiner Perspektive nicht und verlaufen sich hingegen in einem Fluchtpunkt, so wird unbewusst die Schlussfolgerung gezogen, dass die Straße zum Fluchtpunkt hin in die Tiefe des Raumes verläuft.<sup>28</sup> Linien und Fluchten dienen somit zusätzlich der Führung des Auges und der Schaffung von Perspektive und Tiefe im zwei - sowie dreidimensionalen Raum. Ein Mittel welches ebenfalls schon seit Jahrhunderten zur Gestaltung in den Künsten angewandt wird.

#### 1.2.1.2 Die Luftperspektive

Bedingt durch die Physiologie unseres Sehorganes können wir Gegenstände in weiter Entfernung undeutlicher wahrnehmen, als wenn sie aus der Nähe betrachtet werden.

Hinzu kommt der „*verschleiende Einfluss der Atmosphäre*“<sup>29</sup>, welcher in Form verschiedenster Schwebeteilchen in der Luft, wie etwa Wasserdunst, Staub oder Rauch auftritt. Die Lichtstrahlen werden hierdurch von ihrer ursprünglichen Bahn abgelenkt und die Bilder, die uns erreichen, sind nur noch undeutlich, verschwommen und unscharf zu erkennen. Dieser in der Natur vorkommende Effekt wird von unserem Bewusstsein als weiteres Hilfsmittel zur Tiefenerkennung genutzt.

Tritt jedoch einmal der Fall ein, dass sich keine störenden Schwebeteile in der Atmosphäre befinden, so kann sich uns der Eindruck aufdrängen, dass weit voneinander entfernte Gegenstände näher zusammenrücken. Dabei wird der Abstand der Gegenstände kürzer wahrgenommen als er in Wirklichkeit ist. Besonders gut kann diese Erscheinung bei klarer Luft im Gebirge beobachtet werden.<sup>30</sup>

In der Malerei sowie der bewegten und unbewegten Fotografie wird die Eigenschaft der Luftperspektive eingesetzt, um einen Eindruck von Tiefe im zweidimensionalen Raum zu erzeugen. Der Tiefenhinweis der Luftperspektive tritt hierbei v.a. in der Fotografie als Tiefenunschärfe im Bild ein.

Wo der Tiefenhinweis der Unschärfe beim Flachbild noch erwünscht ist, so können sich bei der späteren stereoskopischen Aufnahme unerwünschte Effekte einstellen, worauf später noch näher eingegangen wird.

---

<sup>28</sup> Vierling, 1965, S. 13-15

<sup>29</sup> Hartwig, 1907, S. 6

<sup>30</sup> Vierling, 1965, S. 15-17



### 1.2.1.3 Die Verteilung der Farben innerhalb des Objektraumes

Hierbei geht es um die Zerstreuung des Lichts durch die Moleküle in der Luft. Der kurzwellige, blaue Spektralanteil des Lichts in der Atmosphäre wird dabei stärker gestreut als der langwellige, rote Anteil.

Bei schrägem Einfall weißen Lichtes in eine Landschaft wird hauptsächlich der blaue Anteil des Lichts in die Blickrichtung des Beobachters gelenkt. Dadurch erscheint die Luftschicht, vor dem meist weit entfernten dunkleren Hintergrund, wie ein blauer Schleier. Im Gegensatz dazu erscheinen die Gegenstände im Vordergrund eher



Abb. 7 - Das Blau der Ferne

in ihrem natürlichem, wärmeren Farbton. So entsteht durch den Farbkontrast ein Eindruck der blauen Ferne, welcher wiederum als Erfahrungswert zur Tiefeneinschätzung in der Natur dient.<sup>31</sup>

### 1.2.1.4 Die Teilweise Überdeckung hintereinanderliegender Objekte

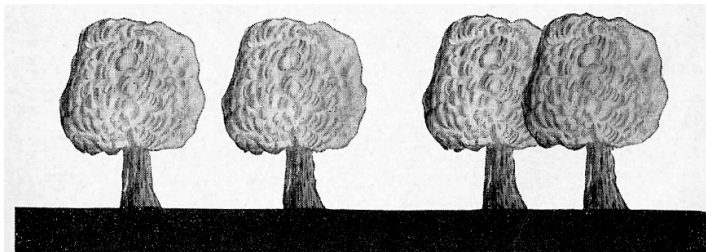


Abb. 8 - Überdeckung von Gegenständen

Mithilfe von Abbildung 8 soll der Effekt verdeutlicht werden, der bei der teilweisen Überdeckung von Gegenständen zu beobachten ist.

Beim linken Baumpaar ist nicht zu erkennen ob sich die Bäume auf gleicher Höhe oder in unterschiedlicher Entfernung zueinander befinden. Beim rechten Baumpaar wird die Lage der Bäume zueinander schnell klar.

<sup>31</sup> Vierling, 1965, S. 17-18

Auch ein einäugiger Betrachter könnte aufgrund der teilweisen Verdeckung der Objekte und seiner Erfahrungswerte feststellen, dass sich der rechte Baum im Beispiel vor dem linken befinden muss.

Dabei ist es auch völlig unwichtig für den Effekt, ob sich die verdeckenden Gegenstände in Gestalt oder Größe ähneln. Der monokulare Tiefenhinweis der teilweisen Verdeckung bleibt hiervon unberührt.<sup>32</sup>

#### 1.2.1.5 Die Verteilung von Licht und Schatten innerhalb des Objektraumes

Der bewusste und zielgerichtete Einsatz von Licht und Schatten zählt mit zu der wichtigsten, aber auch schwierigsten Aufgabe eines Malers, Fotografen oder Kameramannes bei der Erschaffung von Bildern. Die Art und Verteilung des Lichtes und die daraus resultierenden Schattenbereiche geben dem Betrachter Hinweise zum Einschätzen von Tiefe beim einäugigen Sehen. Besonders die Ausrichtung des Schlagschattens kann viel zur Plastizität und zur monokularen Tiefeneinschätzung von Gegenständen beitragen.

Zur Verdeutlichung hierfür dient Abb. 9. Hierbei wurde der linke Gegen-



Abb. 9 - Direkte Vergleich der Beleuchtung

stand zunächst weich und flächig von oben beleuchtet. Der rechte Gegenstand wurde dagegen mit einer Lichtquelle direkt von der Seite beleuchtet und erhält somit ausgeprägte Schatten. Diese spezifische Verteilung von Licht und Schatten führt beim rechten Gegenstand zu einer stärkeren Plastizität gegenüber dem linken Gegenstand. An diesem Beispiel ist gut zu erkennen, wie sich Gegenstände mithilfe von Licht modellieren lassen.

---

<sup>32</sup> Vierling, 1965, S. 18-19

Genauso wie beim Einzelobjekt oder Flachbild, hat Licht und Schatten auch Einfluss auf das Beurteilen von Tiefenverhältnissen in der Natur. Ein bedeckter Himmel und folglich diffuse Lichtverhältnisse können beim Betrachten einer weitläufigen Landschaftsumgebung einen flachen und ungenauen Eindruck des Geländes vermitteln. Bei einer zu gleichmäßigen Beleuchtung fehlen letztendlich binokulare Tiefenhinweise, wie etwa der Einfluss von Schattierung auf das Terrain und somit werden natürliche Hinweise zur Geländestruktur, wie etwa Erhebungen oder Senkungen, weniger bemerkbar. Effektvoller dagegen ist die Tiefenwirkung bei seitlich und/oder flach einfallendem Sonnenlicht, wie es beispielsweise in den frühen Morgenstunden oder vor Sonnenuntergang der Fall ist. Nicht umsonst wird deshalb diese natürliche, schöne Lichtstimmung immer wieder von Künstlern geschätzt.<sup>33</sup>

#### **1.2.1.6 Die Bewegungsplastik (Eisenbahneffekt)**

Der monokulare Tiefenhinweis der Bewegungsplastik (auch als Bewegungsparallaxe bezeichnet) entsteht, wenn sich der einäugige Betrachter im Raum vorwärts oder seitwärts bewegt. Unbewegte Objekte in seinem Blickfeld bewegen sich dabei umso schneller über seine Netzhaut, je näher er sich den Gegenständen befindet. Hierbei entsteht auf der Netzhaut eine Folge von perspektivisch unterschiedlichen Bildeindrücken. Das Momentabbild wird dabei im Bewusstsein mit dem Folgebild verglichen. Das Gehirn kann aus den Unterschieden in der Bewegungsgeschwindigkeit der Objekte Rückschlüsse auf deren Lage im Raum treffen. Dieser Tiefenhinweis funktioniert ähnlich wie der Vergleich zweier perspektivisch unterschiedlicher Raumbilder beim normalen binokularen Sehen, der letztendlich zu unserer stereoskopischen Raumwahrnehmung führt.<sup>34</sup>

Besonders deutlich wird einem der Eindruck der Bewegungsparallaxe beim Blick aus dem Fenster eines fahrenden Autos oder Zuges. Gerade in den Anfängen des Kinos wurde dieser Effekt oft verwendet, um eine räumliche Tiefenwirkung beim Zuschauer im Rahmen der zweidimensionalen Projektion zu erwirken.

---

<sup>33</sup> Vierling, 1965, S. 19-20

<sup>34</sup> Vierling, 1965, S. 22

Darum auch die Bezeichnung „Eisenbahneffekt“. HELMHOLTZ [Vgl. Helmholtz, 1910, S. 246-249] hat hierzu jedoch noch bemerkt, dass es sich bei dem Effekt um einen Vergleich von unmittelbar nachfolgenden Bildern in der Erinnerung handele. Einschränkend gilt hierzu, das *„eine Vergleichung mittels der Erinnerung viel unsicherer zu sein pflegt als eine Vergleichung zweier gegenwertiger sinnlicher Eindrücke“*, wie es letztendlich beim binokularen Sehen der Fall ist.

### 1.2.2 Binokulare Tiefenhinweise

Monokulare Tiefenhinweise ermöglichen es uns auch beim natürlichen, einäugigen Sehen räumliche Zusammenhänge in unserem Umfeld wahrnehmen zu können.

Dabei können diese Tiefenhinweise äußerst nützlich bei der räumlichen Gestaltung von Flachbildern aller Art sein. Zusätzlich beteiligen sie sich am Aufbau von stereoskopischen Bildeindrücken und sind somit, auch auf diesem Gebiet, nicht zu vernachlässigen. Zuverlässiger und genauer sind jedoch die Tiefenhinweise, die uns durch das binokulare, also das Sehen mit beiden Augen, zur Verfügung stehen.

Wie zuvor schon erwähnt, bildet hierbei die Querdissipation die Grundlage unseres binokularen, räumlichen Sehens. Dies ergibt sich aus der perspektivischen Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder (vgl. Abschnitt 2.1.4). Hinzu kommt noch der Einfluss der Akkommodation und Konvergenz. Schon Leonardo da Vinci waren diese Zusammenhänge in den Grundzügen bekannt. Er machte bereits in seinem „Trattato della pittura“<sup>35</sup> darauf aufmerksam, dass der Mensch beim beidäugigen Sehen zwei leicht unterschiedliche Ansichten der Welt erhält und dass uns diese Verschiedenheit der Netzhautbilder zum plastischen Sehen befähigt.<sup>36</sup>

Wie wir heute wissen, besitzt der menschliche Seh-Sinn die Fähigkeit, auch ungleiche, flächenhafte Darstellungen zu einem räumlichen Bildeindruck zu fusionieren. Die so genannte Stereopsis. Diese Fähigkeit bildet die Grundlage zur Betrachtung von stereoskopischen Fotografien oder Filmen<sup>37</sup>. Hierbei werden dem linken und rechten Auge, jeweils getrennt voneinander, die entsprechenden „Halbbilder“ präsentiert.

---

<sup>35</sup> „Traktat über die Malerei“ - Eine Sammlung von Schriften des italienischen Malers *Leonardo da Vinci*.

<sup>36</sup> Vgl. Hartwig, 1907, S. 14

<sup>37</sup> Im weiteren Verlauf ggf. als Stereofotografie bzw. Stereo / 3D-Film bezeichnet.

Es handelt sich hierbei um stereoskopische Halbbilder bzw. StereoBilder.<sup>38</sup> Eine räumlicher Wahrnehmung, aufgrund der Verarbeitung von Stereobildern, ist nur auf der Grundlage des binokularen Sehens möglich.

### **1.3 Richtlinien zur Erstellung stereoskopischer Halbbilder**

Die folgenden Ausführungen sollen verdeutlichen, welche Faktoren bei der Herstellung von stereoskopischer Fotografie von entscheidender Bedeutung sind. Diese Grundlagen gelten sowohl für die unbewegte als auch die bewegte Fotografie.

Bei den Betrachtungen geht es um die gegenseitige Beziehung zwischen der Erstellung und der Projektion der erzeugten Stereo-Bilder. Denn anders als beim zuvor beschriebenen räumlichen Sehen, handelt es sich bei der Betrachtung einer Stereoskopie nicht um einen reellen Raum, in dem man sich bewegen kann, sondern um einen virtuellen Raum, auf welchen bzw. durch welchen hindurch der Zuschauer blickt.

Dieser virtuelle Raum entsteht beispielsweise durch das Fotografieren ein und desselben Motivs mittels zweier horizontal versetzter Kameras<sup>39</sup>. Hierbei gibt es jedoch bestimmte Verbote und Grenzen zu beachten, um einen angenehmen Seheindruck beim Zuschauer zu erzeugen. Dazu ist es notwendig, sich den Unterschied klar zu machen, welcher zwischen dem Betrachten eines natürlichen Raumes und dem Betrachten einer stereoskopischen Projektion entsteht.

Beim natürlichen Sehen wird nicht der gesamte Raum gleichzeitig erfasst, sondern unsere Augen springen im Raum hin und her und bilden somit einen räumlichen Gesamteindruck. Wie unter Punkt 2 bereits ausgeführt, sind Akkommodation und Konvergenz dabei gekoppelt. Doppelbilder entstehen zwar auf der Netzhaut, werden jedoch nicht bewusst wahrgenommen.

Betrachtet man hingegen einen stereoskopische Projektion eines Bildes, so werden Akkommodation und Konvergenz entkoppelt. D.h., die Augen stellen auf die Ebene der Projektion scharf bzw. auf die Entfernung zur Leinwand, wie es auch beim normalen Kinobesuch der Fall ist. Die Konvergenz hingegen wird entkoppelt und richtet sich nach der Entfernung der Punkte

---

<sup>38</sup> Die Bezeichnung bleibt gleich, unabhängig ob es sich bei den besprochenen Bildern um Fotografie, Film, Video, Zeichnungen, Grafiken oder Animationen handelt.

<sup>39</sup> Auf die unterschiedlichen, technischen Möglichkeiten der Herstellung von Stereobildern wird in Abschnitt 4.1 näher eingegangen.

im stereoskopischen Raum. Je näher sich ein Punkt dabei befindet, desto stärker konvergieren die Augen. Gleich der Reaktion, wie man sie auch beim natürlichen Sehen vorfindet.

Die unnatürliche Entkoppelung von Konvergenz und Akkommodation bei der Betrachtung von stereoskopischen Projektionen stellt eine besondere Herausforderung an die menschliche Physiologie her.<sup>40</sup> Folgen der Missachtung bestimmter Regeln bei der Herstellung von stereoskopischen Aufnahmen können physische Auswirkungen beim Zuschauer auslösen, wie etwa Kopfschmerzen oder Unwohlsein.

### 1.3.1 Der stereoskopische Raum

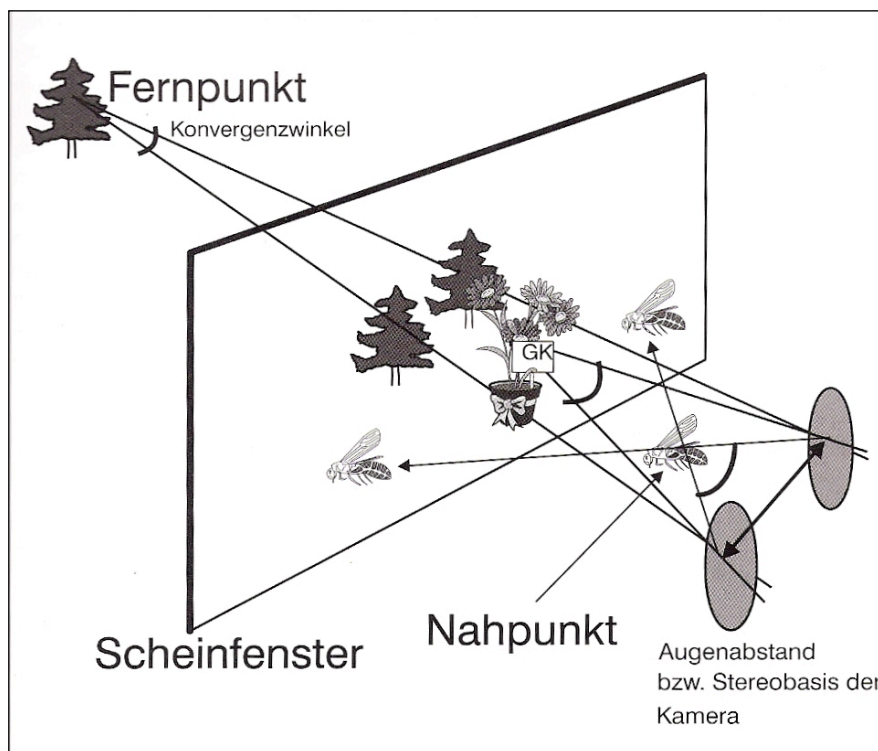


Abb. 10 - Die Punkte im stereoskopischen Raum

Im folgenden werden die wichtigsten Faktoren im Zusammenhang mit der Produktion stereoskopischer Halbbilder genauer definiert und erläutert. Hierbei werden die weiteren Ausführungen auf das Wesentliche konzentriert.

<sup>40</sup> Vgl. Kuhn, 1990, S. 21-22 / Vierling, 1965, S.122

Natürlich wäre es an dieser Stelle auch möglich, anhand mathematische Herleitungen sowie weiterer Daten, z.B. aus der Optik oder Physik, näher auf jedes Detail einzugehen. Eine zu umfassende Analyse jedes einzelnen Punktes würde jedoch in diesem Zusammenhang die inhaltlichen Grenzen dieses Abschnittes übersteigen und bildet auch nicht die Voraussetzung für die eigentliche Untersuchung sowie der Beantwortung der zu Grunde liegenden Fragestellung. Ziel der Definitionen ist vielmehr die Schaffung eines gemeinsamen Grundvokabulares, auf dessen Grundlage Regeln und Verbote sowie begriffliche Zusammenhänge in Hinblick auf die Herstellung stereoskopischer Inhalte festgelegt und verinnerlicht werden können.

### 1.3.2 Die parallaktische Verschiebung

Bereits in Punkt 2.1.4 wurde kurz auf den Begriff der parallaktischen Verschiebung im Zusammenhang mit der seitlichen Abweichung zweier Objek-

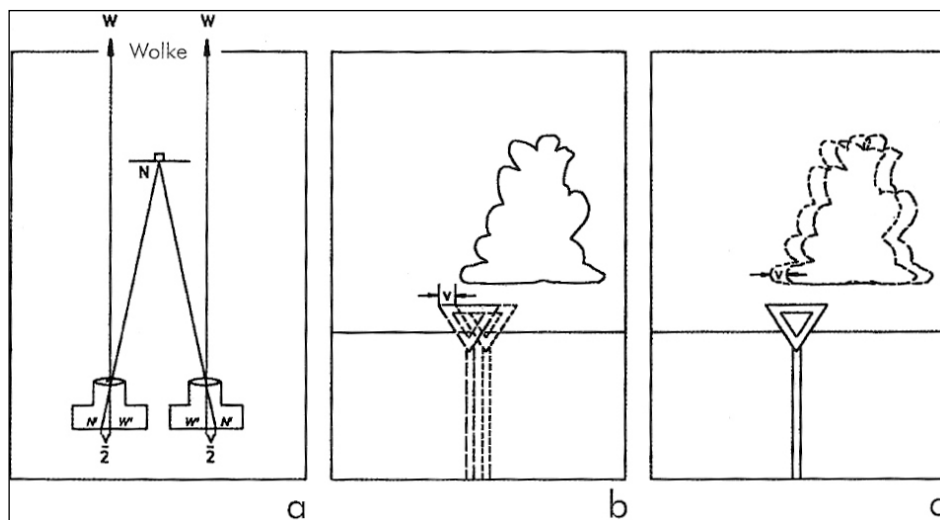


Abb 11 - Die parallaktische Verschiebung

te gleicher Raumlage auf der Netzhaut eingegangen.<sup>41</sup> Im folgenden geht es bei der parallaktischen Verschiebung jedoch nicht, wie bei der Querdisparation um die unterschiedliche Abbildung von Punkten auf der Netzhaut, sondern um den Fall der Aufnahme mittels eines Kamerapaares mit parallel montierter optischer Achse und den dadurch entstehenden versetzen

<sup>41</sup> Der Begriff Parallaxe kommt aus dem Griechischen und bedeutet wörtlich übersetzt Vertauschung, Abweichung. Physikalisch gesehen ist die Parallaxe der Winkel, den zwei geraden bilden, welche von unterschiedlichen Standorten aus auf einen Punkt gerichtet sind. ( Vgl. Duden, Begriff: *Parallaxe*, S.727 ).

Abbildungen zweier Bildpunkte auf der Filme- bzw. Chipebene <sup>42</sup>, wie am Beispiel von Abb. 11 verdeutlicht wird.

Ein weit entfernter Punkt, wie in unserem Fall eine Wolke, kurz W, ( siehe Abb. 11a), wird in den Kameras an der selben Stelle abgebildet. Gleichzeitig wird der näher gelegene Nahpunkt N dabei an verschiedenen Stellen abgebildet. Werden nun beide Bilder der Kameras bei möglichst exakter Ausrichtung genau übereinander projiziert, so ist es, wie in Abb. 11b und. c. der Fall, nicht möglich, alle korrespondierenden Punkte der Bilder ohne seitlichen Versatz bzw. parallaktischer Verschiebung darzustellen. Je nachdem wie man die zwei Bilder zueinander verschiebt, ist es dabei möglich, entweder den Punkt im Vorder- oder Hintergrund zur Deckung zu bringen. Dabei besitzen alle Objekte in diesem fotografischen Raum eine unterschiedliche parallaktische Verschiebung<sup>43,44</sup>. Der Wert dieser Verschiebung wird bei der Aufnahme bestimmt durch den Abstand der Objektmitten zueinander. Dieser Abstand wird auch als *Stereobasis*<sup>45</sup> bezeichnet und zeichnet sich, wie in Abschnitt 2.3.4 erläutert wird, als hauptverantwortlich für den späteren Genuss stereoskopischer Bilder.

Genau wie die Querdisparation beim menschlichen Sehen bildet also die parallaktische Verschiebung bei der Herstellung und Projektion von stereoskopischen Bildern eine wichtige Grundlage.

Die Antwort auf die Frage, welche Auswirkungen unterschiedliche parallaktische Verschiebungen im Zusammenhang mit Scheinfenster, Nah- und Fernpunkt haben, erfolgt nach der Erläuterung des Grundvokabulars.

### 1.3.3 Die Punkte im Raum

Wie auch bei einer traditionellen, zweidimensionalen Projektion wird beim Projizieren eines Stereobildes eine Projektionsfläche, eine Leinwand, benötigt. Wo hingegen beim traditionellen Film die Leinwand hauptsächlich der Bildbegrenzung dient, spielt dieser Rahmen beim 3D-Film eine eigene, entscheidende Rolle. Für einen 3D-Filmmacher bzw. Kameramann ist es von elementarer Wichtigkeit, bereits im Vorfeld der Produktion die ungefähre

---

<sup>42</sup> Die Chipebene ersetzt bei digitalen Kameras die Ebene des Films.

<sup>43</sup> Im folgenden wird die parallaktische Verschiebung auch mit dem Buchstaben „v“ gekennzeichnet.

<sup>44</sup> Vgl. Kuhn, 1990, S. 24

<sup>45</sup> Vgl. Kuhn, 1990, S. 14



Größe der Leinwand zu kennen, auf welcher die stereoskopischen Bilder später präsentiert werden sollen

Denn beim Stereofilm bildet die Leinwand selbst einen Teil des Raumbildes. Sie wirkt dabei wie ein Fenster, durch das hindurch man einen dreidimensionalen Raum mit unterschiedlich weit entfernten Punkten wahrnehmen kann. Daher die Bezeichnung *stereoskopisches Scheinfenster* bzw. einfach *Scheinfenster*.<sup>46</sup>

Zur Analyse und Beurteilung des Scheinfensters ist es zunächst notwendig, sich eine Stereo-Film-Projektion ohne Hilfsbrille anzusehen. D.h., man betrachtet nun die gleichzeitig über einander projizierten Halbbilder. Aufgrund der eingestellten Stereobasis und der damit verbundenen parallaktischen Verschiebung  $v$  ist es möglich, den Standort des Scheinfensters zu bestimmen. Dieser Punkt befindet sich an der Stelle, an dem das linke und rechte Halbbild den gleichen seitlichen Abstand besitzen<sup>47</sup>, bzw. dort, wo die Bildpunkte gleicher Objekten in den Halbbildern genau auf der Ebene der Projektionswand, also dem Scheinfenster, abgebildet werden<sup>48</sup>. In Abb. 10 befindet sich z. B. der Blumentopf genau im Scheinfenster. In Bezug auf die Aufnahme bezeichnet man dabei die Entfernung der Kamera vom Scheinfenster, bzw. hier vom Blumentopf, als *Scheinfensterweite*.

Der bei der Aufnahme weit entfernteste, abgebildete Punkt im Bild wird als *Raum - Fernpunkt* bzw. kurz *Fernpunkt* bezeichnet und dessen Abbildung auf der Film- bzw. Chipebene als *Bild-Fernpunkt*.

Der Abstand vom Fernpunkt zur Kamera nennt sich *Fernpunktweite*. In Abb. 10 stellt der Baum den Fernpunkt dar. Das linke Auge sieht den Punkt aus der linken Perspektive, das rechte Auge aus der dazugehörigen rechten Perspektive. Dabei wird der Baum räumlich hinter dem Scheinfenster wahrgenommen. Trotz Akkommodation auf die Ebene des Scheinfensters, also der Leinwand, konvergiert das Auge beim Betrachten des Fernpunktes auf diesen Punkt.<sup>49</sup> Die Augen bilden dabei einen *Konvergenzwinkel*. Dieser Winkel ist sowohl beim natürlichen, räumlichen Sehen, als auch beim Betrachten eines Stereo-Filmes abhängig von der Größe des seitlichen Augenabstandes des Beobachters sowie der Entfernung zum fixierten Objekt<sup>50</sup>.

---

<sup>46</sup> Vgl. Vierling, 1965, S. 77

<sup>47</sup> Vgl. Vierling, 1965, S.78

<sup>48</sup> Vgl. Kuhn, 1990, S. 23

<sup>49</sup> Vgl. Kuhn, 1990, S. 24

<sup>50</sup> Vgl. Vierling, 1965, S. 4

Im Gegenzug zum Fernpunkt gibt es noch den *Raum-Nahpunkt*, kurz *Nahpunkt*. Dieser Begriff bezeichnet den nahest gelegenen Punkt zur Kamera, dessen Entfernung zur Kamera als *Nahpunktweite*.

Und ähnlich dem Scheinfenster oder Fernpunkt wird die Abbildung des Punktes auf der Filmebene als *Bild-Nahpunkt* beschrieben.

Wie in Abb. 10 zu erkennen ist, bildet die Biene den Nahpunkt. Dabei ist das linke und rechte Abbild der Biene in der Projektion jeweils seitlich vertauscht. D.h., links wird das Bild der rechten Kamera projiziert und umgekehrt. Damit die Biene als eine einzige Abbildung erkannt wird, müssen die Augen stärker konvergieren. Das Abbild der Biene entsteht dadurch räumlich vor dem Scheinfenster und wird auch dort wahrgenommen.<sup>51</sup>

### 1.3.4 Grundregeln bei der stereoskopischen Aufnahme

Damit beim Betrachten eines 3D-Filmes beim Zuschauer ein angenehmer Eindruck entsteht und auch nach Verlassen der Vorstellung erhalten bleibt, ist es von Nöten, einige Grundgebote, bzw. schärfer ausgedrückt, Verbote zu kennen und zu verinnerlichen, welche für die Herstellung stereoskopischer Filme ausdrücklich zu beachten sind. Dabei gelten diese Regeln gleich bedeutend für Fotografie und Film.

Im Folgenden werden auch nur die wichtigsten Faktoren behandelt, da es sich bei diesem Kapitel nicht um eine allumfassende Anleitung zum Erstellen qualitativ richtiger Stereoskopien handeln kann, sondern nur ein grundlegender Zusammenhang zwischen den wichtigsten Faktoren der Stereoskopie aufgezeigt werden soll. Dieses Wissen soll der späteren Reflektion über die Vor- und Nachteile aktueller Techniken im Bereich der High Definition 3D-Produktion dienen. Zusätzlich beschränke ich mich aufgrund des Themas und persönlicher, praktischer Erfahrungen auf diesem Gebiet, hauptsächlich auf die Herstellung stereoskopischer Filme.

Die meisten Fehler entstehen durch die ungewollte Abweichung eines bzw. beider Kamerabilder bei der Aufnahme. Ein Beispiel wäre hier der *Höhenfehler*. Dieser Fehler tritt auf, wenn eines der Objektive höher steht als das andere. Beide Bilder können somit nicht mehr richtig zur Deckung gebracht werden und es entsteht ein schlechter oder im schlimmsten Falle gar kein stereoskopischer Eindruck.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Vgl. Kuhn, 1990, S.23

<sup>52</sup> Stolze, 1908, S.25-26

Grundsätzlich sollten auch die Parameter der Kameras sowie deren Optiken so genau wie möglich aufeinander abgestimmt sein. Bereits eine geringe Abweichung bei der Schärfe<sup>53</sup> oder Helligkeit<sup>54</sup> beider Halbbilder kann den stereoskopischen Seheindruck zerstören. Durch die Unterschiede in den Bildern tritt nämlich keine Fusion der beiden Bildeindrücke und somit auch kein räumlicher Eindruck mehr ein, sondern ein Hin- und Herspringen der Augen zwischen den Einzelbildern. Dieser Wettstreit der Augen miteinander wird oft auch als *Wettstreit der Sehfelder* bezeichnet<sup>55</sup> oder retinaler Wettstreit bezeichnet.

Einer der fatalsten Fehler liegt jedoch in der Wahl einer falschen Stereobasis. Solche Fehler führen zu direkten Auswirkungen auf die parallaktische Verschiebung der Halbbilder zueinander und haben u.U. den Zerfall des räumlichen Bildeindrucks zur Folge. Diese Erscheinungen treten immer dann auf, wenn die Bildschirmparallaxe der Fernpunkte wesentlich von der mittleren Augenentfernung, im Durchschnitt 60-65mm<sup>56</sup>, abweicht.<sup>57</sup> Ist der Abstand der beiden Halbbilder im Fernpunkt, bei der späteren Projektion, wesentlich grösser als 63mm so kann es nicht mehr zur Fusion der beiden Halbbilder kommen. Unsere Augen müssten in diesem Falle divergieren. Dies entspricht nicht dem natürlichen Sehen und ist physiologisch nur sehr begrenzt möglich, wie im Abschnitt zur Physiologie des Sehens bereits aufgezeigt wurde.

Aus diesem Zusammenhang ergibt sich eine der wichtigsten Grundregeln für die stereoskopische Aufnahme. Das *Divergenzverbot*. Dieses besagt u.a., „[...] daß korrespondierende Bildpunkte ferner Objekte beim Aufeinanderprojizieren der Stereo-Halbbilder nicht mehr als es dem Augenabstand entspricht gegeneinander verschoben sein dürfen.“<sup>58</sup>

Deshalb ist es für einen 3D-Kameramann auch wichtig, die spätere Leinwandgrösse zu kennen, um am Set bereits die richtige Stereobasis der beiden Kameras einstellen zu können. Entscheiden ist dabei die Länge der Projektionsfläche, da sich mit ihr die vertikale Ausrichtung der Halbbilder zueinander verändert und somit auch der Wert der parallaktischen Verschiebung.

---

<sup>53</sup> Stolze, 1908, S. 35

<sup>54</sup> Stolze, 1908, S. 36

<sup>55</sup> Vierling, 1965, S.44

<sup>56</sup> Vgl. Vierling, 1965, S. 87

<sup>57</sup> Vgl. Stolze, 1908, S.26

<sup>58</sup> Vgl. Kuhn, 1999, S. 25

Kontrolliert ein Kameramann, z.B. die übereinander liegenden Halbbilder beider Kameras an einem Kontrollmonitor mit einer Länge von 50 cm und weiß, dass die spätere Grösse der Leinwand 5m (also eine Vergrößerung um den Faktor 10) betragen wird, so muss er die Stereobasis so wählen, dass der Abstand der zwei Fernpunkte (der zwei Halbbilder) einen Abstand von ca. 6,3mm bei der Aufnahme nicht überschreitet. Die Wahl der Stereobasis ist somit von den Projektionsbedingungen abhängig.

Bei der Positionswahl des Scheinfensters wird v.a. in der älteren Literatur vorherrschend die Meinung vertreten, dass Scheinfenster solle sich noch vor dem nächstliegenden Gegenstandspunkt, dem Nahpunkt, oder zumindest auf gleicher Ebene mit ihm befinden.<sup>59</sup> Dadurch entsteht der Eindruck, man würde durch ein Fenster blicken, da sich alle Gegenstände hinter dem Scheinfenster befinden. Liegt der Nahpunkt jedoch in angemessener Entfernung vor dem Scheinfenster, so hat es den Anschein, als ob sich dieser Gegenstand aus der Leinwand heraus auf den Betrachter zu bewegen würde. Gerade diesen Effekt verbindet die Mehrzahl der Menschen mit dem Begriff 3D-Kino.

Hierzu ist als letzte Regel darauf zu achten, dass sich Gegenstände vor dem Scheinfenster möglichst in der Bildmitte zu befinden haben. Werden Objekte am Bildrand projiziert und somit angeschnitten, so kommt es zu einem binokularen Wettstreit zwischen Bildrand und Objekt. Bzw. einem Wettstreit zwischen monokularer Verdeckung und dem binokularen Raumpfinden. Die Ursache hierfür liegt in dem unterschiedlichen Anschnitt beider Bilder und dem natürlichen Empfinden ein Objekt vor dem Scheinfenster müsse auch links oder rechts außerhalb des Scheinfensters sichtbar sein.<sup>60</sup> Das bedeutet konkret, dass das Gehirn den perspektivisch zugehörigen Teil eines Objektes sucht, welcher sich in diesem Falle ja außerhalb des Scheinfensters befinden müsste. Dieser ist jedoch nicht vorhanden, da es sich um einen virtuellen Raum handelt und die Leinwand diesen Raum nach links und rechts begrenzt. Es gilt hiermit ebenfalls die Regel, keine Objekte vor dem Scheinfenster anzuschneiden.

Die zuvor aufgestellten Regeln gelten als Richtlinien und sind in der statischen Fotografie noch sehr gut zu kontrollieren. Der Dreh eines stereoskopischen Filmes stellt jedoch ganz andere, stärkere Herausforderungen an Kamera und alle anderen Gewerke.

---

<sup>59</sup> Vgl. Vierling, 1965, S.78

<sup>60</sup> Kuhn, 1999, S. 80

Gerade bei der bewegten Kamerawelche, aufgrund des zusätzlichen monokularen Tiefenhinweises der Bewegungsparallaxe, sehr beliebt ist, ändern sich viele Parameter wie z.b. Hintergrund und Vordergrund ständig. Es gilt dabei auf viele Dinge gleichzeitig zu achten, wie z.b. gekoppelte Schärfen- und Blendeneinstellungen sowie gleiche Brennweiten und nicht zu vergessen die Synchronität der beiden Kameras. Mithilfe der *Genlock*<sup>61</sup>-Funktion bestimmter Kameras ist es heute möglich diese Synchronität zu gewährleisten.

All diese Schwierigkeiten waren lange Zeit der Hauptgrund für das Nischendasein des 3D-Filmes. Die Stereo-Fotografie dagegen wurde und wird auch heute noch relativ einfach und preisgünstig von vielen als Hobby ausgeübt. Welche Entwicklung die Stereoskopie seit frühesten Tagen an gemacht hat, ist Gegenstand des nächsten Kapitels.

## 2. Die Geschichte der Stereoskopie

Nach dem Wissen und Verständnis um die physiologischen Hintergründe des menschlichen, räumlichen Sehens sowie der Grundregeln zur Erstellung stereoskopischer Filme könnte man jetzt natürlich die geschichtlichen Hintergründe der Stereoskopie eigentlich ausser Acht lassen und sofort mit den aktuellen Möglichkeiten der Produktion fortfahren. Die fehlende Erkenntnis um die Geschichte wäre hierbei nicht unbedingt von Nachteil.

Jedoch wurde zu Anfang die Frage gestellt, ob es der Stereoskopie diesmal gelingt, nicht nur wieder einen kurzen Hype<sup>62</sup> bei Fachpublikum und Presse auszulösen, sondern dauerhaft einen populären Platz im Bereich der bewegten Bilder einzunehmen. Hierzu ist erforderlich, sich zunächst einen groben Überblick über die wichtigsten Stationen und Höhepunkte der stereoskopischen Bewegung zu verschaffen. Anhand dieser Entwicklungen werden kurzzeitige Erfolge sowie Misserfolge dieser Technik verdeutlicht.

---

<sup>61</sup> Genlock steht für die englische Bezeichnung *generator locking device*. Dieses elektronische Hilfsmittel ist ein Ausstattungsmerkmal vieler professioneller Kamerasysteme. Durch einen extern erzeugten Synchronkontakt ist es dabei möglich mehrere Kameras miteinander zu synchronisieren. (Vgl. Wikipedia. Eingabe: *Genlock*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Genlock>; abgerufen am 10.08.2008 )

<sup>62</sup> Hype bedeutet, in diesem Zusammenhang, wörtlich aus dem englischen Übersetzt *Rummel (m.)* bzw. *Presserummel (m)*. ( Vgl. dict.cc - Internet Deutsch - Englisch Wörterbuch. Eingabe: *hype*, URL: <http://www.dict.cc/englisch-deutsch/hype.html>; abgerufen am 16.08.2008 )

Sinn und Zweck dieses Kapitels ist es also einen geschichtlichen Überblick zur Entwicklung der Stereoskopie zu vermitteln und verständlich zu machen, warum zur Zeit wieder verstärkt vom Aufschwung des 3D-Kinos geredet wird.

Die Beantwortung der Frage, ob es zu einer dauerhaften Wiederbelebung der Stereoskopie kommen wird, kann vorerst nur eine These bleiben. Endgültig beantworten kann diese Frage nur die Geschichte.

## 2.1 Die Anfänge der Stereoskopie

Schwierigkeiten bei der Herstellung passender Brillengläser zur individuellen Korrektur der Sehstärke führten im Laufe des 18. Jahrhunderts zu einer verstärkten Forschung über das menschliche Auge sowie den damit verbundenen Sehvorgängen. Im Zuge dieser Entwicklung ging der englische Physiker, Charles Wheatstone (1802 - 1876), um 1832 der Frage nach, wie räumliches Sehen überhaupt erst möglich wird.

Bei seinen Untersuchungen erkannte er im wesentlichen die physiologischen Zusammenhänge zwischen der Konvergenz der Sehachsen und der Wahrnehmung zweier, perspektivisch leicht unterschiedlicher Bilder im linken und rechten Auge. Weiter war ihm dessen Ursache, ein durchschnittlichen Augenabstand von ca. 63mm, bekannt.

Ebenfalls wurde ihm die Tatsache bewusst, dass ein dreidimensionale Eindruck erst im Gehirn entstehen kann und jedes Auge für sich jeweils nur ein flächiges Bild erfasst.

Wheatstone veröffentlichte 1938 diese Erkenntnisse in seinem Aufsatz „*Beiträge zur Physiologie der Gesichtswahrnehmung*“, welcher daraufhin in den „*Philosophical Transactions*“, einem Organ der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften in London, erschien. Doch seine dortigen Ausführungen reichten der damaligen Wissenschaft nicht aus. Es wurden nachhaltige, theoretische Ergebnisse und nachprüfbare Experimente gefordert. Um diesem Wunsch nachzukommen, hatte Wheatstone einen Demonstrationsapparat erfunden, den er als *Stereoskop* bezeichnete.

Mithilfe des Stereoskops wollte er in einem praktischen Experiment beweisen, dass jedes Auge für sich alleine nur zweidimensional sieht und ein räumlicher Eindruck durch die Kombination der Bilder aus linkem und rechtem Auge tatsächlich erst im Gehirn entsteht.

Hierzu lies er ein geometrisches Objekt, jeweils perspektivisch abweichend, für das linke und das rechte Auge zeichnen.

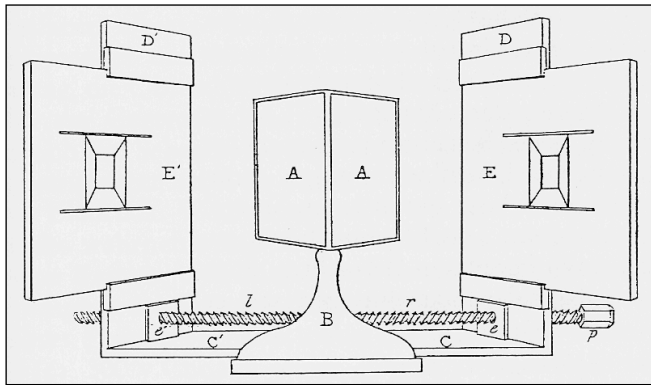


Abb. 12 - Spiegelstereoskop von Wheatstone

Diese beiden Bilder montierte er, wie in Abb. 8 zu erkennen ist, in sein Stereoskop. Über einen Spiegel in der Mitte wurden die beiden „Halbbilder“ jeweils separat in das zugehörige Auge gelenkt. Beim Zuschauer

entstand somit der Eindruck

einer dreidimensionalen Figur.<sup>63</sup>

Wheatstone hat somit seine Ausführungen bestätigt und die Zusammenhänge für das räumliche Sehen, das Zusammenspiel zwischen Augen und Gehirn und die Verbindung zweier Halbbilder, in einer praktischen Untersuchung bewiesen. Er legte hiermit den Grundstein für den späteren Erfolg der Stereoskopie. Der tatsächliche, kommerzielle Durchbruch konnte sich jedoch erst Jahre später - mit der Erfindung der Fotografie - einstellen.

## 2.2 Die „Stereomanie“

Der große Durchbruch der Stereoskopie trat 1851 auf der ersten Weltausstellung in London ein. Dort wurde unter der besonderen Aufmerksamkeit des Publikums sowie der Königin von England ein neuartiges Stereoskop von David Brewster (1781 - 1868) vorgestellt. Dieses Gerät sollte für lange Zeit als Standard gelten.<sup>64</sup>

Bereits 1843 hatte Brewster, unter Einbeziehung der Ergebnisse Wheatstones, mit der Arbeit an neuen und einfachen Stereoskopen begonnen. Hierbei entwickelte er auch das *Prismenstereoskop* oder auch *Linsenstereoskop* genannt.

<sup>63</sup> Hoffmann, 1990, S. 8-9

<sup>64</sup> Vgl. Brockhaus, Begriff: *Stereoskop*, S. 329

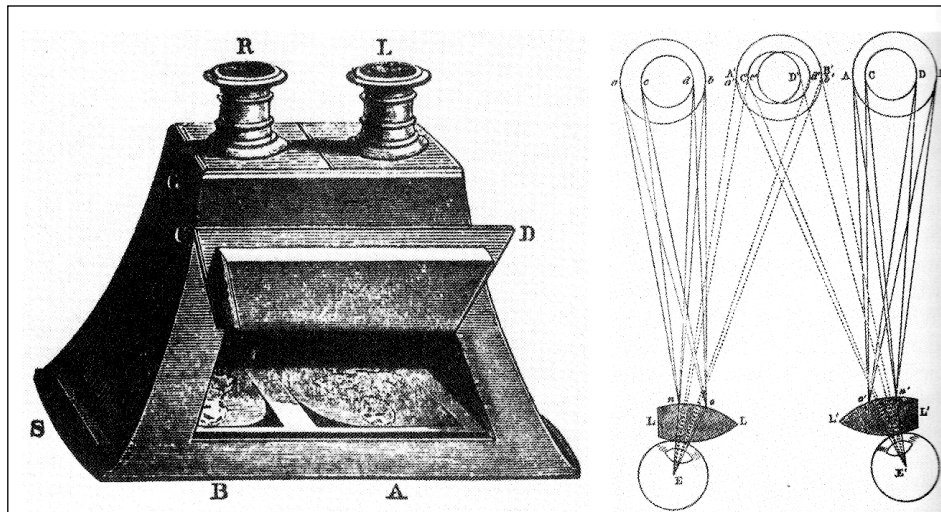


Abb. 13 - Brewsters Linsenstereoskop

Zur Herstellung wurde zunächst eine einfache Linse von ca. 15 cm Brennweite hälftig zerschnitten. Dabei entstanden zwei gleiche Halblinsen. Ihnen gegenüber wurden nun zwei Halbbilder aufgeklebt, welche mit Hilfe des gebündelten Strahlenganges der Linsen jeweils dem entsprechenden Auge zugeführt wurden. Es entstand ein räumlicher Eindruck.

Die Bilder mussten also nicht mehr - wie bei Wheatstone - seitlich angebracht werden, sondern konnten direkt nebeneinander vor den Linsen platziert werden.

Die getrennten Halbbilder mussten natürlich vorher jeweils perspektivisch für das linke und das rechte Auge fotografiert werden. Dies geschah z.B. durch das Fotografieren eines Motivs, aus unterschiedlicher Perspektive, mit nur einer Kamera, durch seitliches Versetzen der Kamera. Oder durch anderer Kamerasysteme, die durch unterschiedliche Techniken zum gleichen Bildergebnis führten. Von Interesse ist hierbei nur die Tatsache, dass ein räumlicher Eindruck bei der Benutzung eines Stereoskops mithilfe zweier Halbbilder generiert wurde.

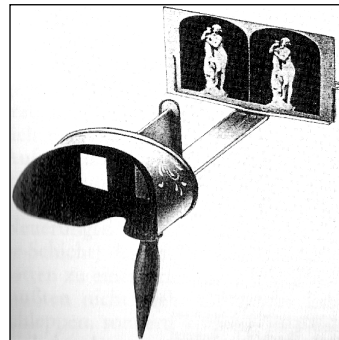


Abb. 14 - Holmes-Stereoskop

Die Vereinfachungen und Weiterentwicklungen Brewsters brachten der Stereoskopie den gewünschten Erfolg. Mit einigen Verbesserungen ausgestattet, begann 1853 in Liverpool und Paris die individuelle Fertigung und Karriere des Stereoskops.<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Hoffmann, 1990, S. 15



Begünstigt durch die zunehmende Zahl an Fotografien stieg nun auch zusehends die Beliebtheit von Stereoskopen. Zudem kamen um 1860 eine Reihe preiswerter Stereoskope, wie etwa das „Holmes-Stereoskop“<sup>66</sup>, in die Verkaufsläden.

Diese Geräte waren leicht und handlich in der Bedienung. Sie besaßen eine Schiene, auf der eine Befestigung für die Linsepaare sowie eine Halterung

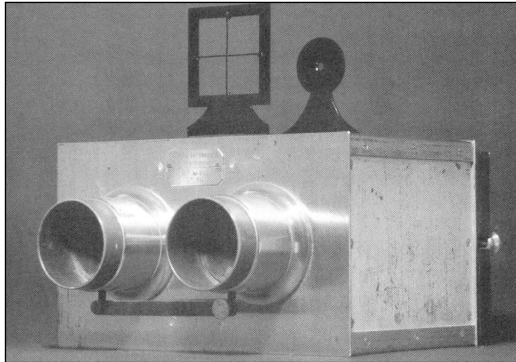


Abb. 15 - Stereokamera von 1860

für die Bildpaare angebracht waren (siehe Abb. 10). Da es Modelle in allen Ausführungen und Preisklassen gab war es nun jederzeit möglich sich stereoskopische Fotografien aus aller Welt von Zuhause aus anzusehen.<sup>67</sup>

Dabei sei noch zu erwähnen, dass es zu dieser Zeit bereits Gerätschaften auf dem Markt gab,

mit denen es auch Anfängern möglich war, stereoskopische Bilder zu erzeugen. Abb. 15 zeigt eine Stereokamera aus dem Jahre 1860, welche bereits zwei seitlich nebeneinander liegende Objektive in einem Gehäuse vereint.

Der Bedarf an Stereoskopbildern zu dieser Zeit wuchs sprunghaft an. Es kam zu einer regelrechten „Stereo-Manie“. Die Menschen hatten durch diese räumlichen Bilder die Möglichkeit, ferne Länder und Menschen plastisch wahrzunehmen. Um der Nachfrage Herr zu werden, kamen damals Millionen von Stereoskopbildern weltweit in den Handel. Der Überschuss an Bildern war es dann letztendlich auch, welcher den großen Boom der Stereoskopie in die Schranken wies.

Zunächst sanken die Preise, als Folge der Überproduktion, in den Keller. Bei der Aufnahme der Bilder wurde größtenteils nur noch auf die Maximierung des Gewinnes und nicht mehr auf den künstlerischen Aspekt Wert gelegt. Das Fehlen von einheitlichen Richtlinien und Standards bei Aufnahme und Betrachtung führte häufig zu Abweichungen von Stereobild und Betrachtungsgerät. Dadurch kam es häufig vor, dass ein Stereoskop aufgrund eines falschen Augenabstandes nicht mehr zum Erreichen des gewünschten räumlichen Effekts diente.

---

<sup>66</sup> Entwickelt vom Namensgeber Oliver W. Holmes ( 1809 - 1894 ), amerikanischer Professor für Anatomie und Physiologie

<sup>67</sup> Hoffmann, 1990, S. 17

Die Qualität der Stereoskopbilder nahm zunehmend ab und das Interesse sowie die Begeisterung der Öffentlichkeit kehrte sich anderen Dingen zu. So kam es, dass sich nach dem Jahre 1870 kaum noch jemand für die Stereo-Fotografie interessierte.<sup>68</sup>

### 2.3 Das Kaiserpanorama

Um das Jahre 1890 und somit kurz vor Einführung der laufenden Bilder, des Kinos, wurde in Fachkreisen die Frage aufgerufen, wie sich der frühere Erfolg der Stereoskopie wiederholen liese.

Der deutsche Physiker August Fuhrmann (1844 - 1925) gehörte zu dieser Zeit zu den Verfechtern der Stereoskopie und sah in dieser Technik eine Zukunft.

Bevor es jedoch zum erhofften Aufschwung kam, war es notwendig, die Qualität der Stereoskopbilder deutlich zu verbessern. Hierzu wurden zunächst Richtlinien festgelegt, welche u.a. die zu verwendende Bildgröße sowie den optischen Mittelpunkt der beiden Linsen zueinander im Stereoskop festlegen sollten. Ebenfalls sollten nur verstellbare Stereoskope verwendet werden, anhand derer sich der Abstand zwischen Linsen- und Bildebene regeln lässt. Noch im Jahre 1889 legte der „Internationale Photographische Kongreß“ in Brüssel einige Normen für die Produktion von *Stereografien* verbindlich fest. Die Festlegung bestimmter Normen führte daraufhin in Fachkreisen zu kontroversen Diskussionen und Publikationen, wo-

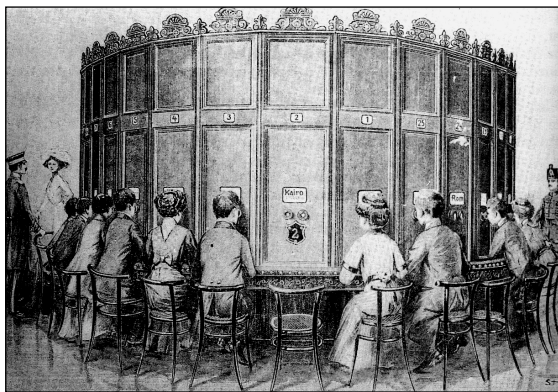


Abb. 16 - Das „Kaiserpanorama“

von im Nachhinein insbesondere die Amateure, aufgrund des gelieferten Fachwissens, profitierten.

Der erwartete Aufschwung setzte dann um 1895, zusammen mit einem Preisverfall bei Kopie und Herstellung, bedingt durch die Möglichkeiten einer fabrikmäßigen Produktion, ein.

Die Fotografie hatte sich ebenfalls weiterentwickelt und war nun auch für den Amateurbereich erschwinglich geworden.

<sup>68</sup> Hoffmann, 1990, S. 19

Mithilfe von Vorrichtungen aus dem Handel war es nun auch Amateurfotografen möglich, Stereo-Fotografien mit einer normalen Kamera zu betreiben. Trotz aller Neuerungen konnte die Stereoskopie die Manie der 1860er Jahre nicht wiederholen.

Als herausragendste Gerätschaft der damaligen Zeit gilt das „drehbare Panorama“ von August Fuhrmann. Ein solches Panorama konnte 25 Besuchern gleichzeitig unterschiedliche Stereoskopbilder vorführen.

Die Bilder wechselten dabei im Takt von jeweils 15 Sekunden. Zusätzlich wurden die Besucher mit kurzen Textinformationen zu den betrachteten Bildern versorgt. Der Besuch eines solchen Panoramas dauerte in der Regel zwischen 20 und 30 Minuten.

Bei der Bekanntmachung seiner Panoramen zitierte Fuhrmann u.a. bekannte Persönlichkeiten wie Kaiser Wilhelm II., wodurch sich letztendlich die Bezeichnung „Kaiserpanorama“ durchsetzte. Das „Kaiserpanorama“ galt dabei neben der Unterhaltung auch als „Bildungsmittel“. Bis zum Jahre 1909 hatte Fuhrmann sein Gerät in mehr als 250 Städten im In- und Ausland, u.a. Kopenhagen, London und München, stehen.

Nach Ende des dt. Kaiserreiches wurde das „Kaiserpanorama“ in „Weltpanorama“ umbenannt. Zu diesem Zeitpunkt hatte jedoch das Kino<sup>69</sup> schon Einzug in die Öffentlichkeit gefunden und unterhielt die Menschen mit bewegten Bildern und Ton. Die Stereoskopie gelangte immer mehr in Vergessenheit.<sup>70</sup>

Nur noch wenige Anhänger, wie etwa der münchener Künstler Karl Valentin (1882 - 1948), setzten sich später in der Öffentlichkeit für diese antiquierte Technik ein, wie es aus einem seiner undatierten Schriftstücke hervorgeht<sup>71</sup>:

*„Sehr geehrte Münchener! Wenn ihr auch im Kino den Film sprechen hört und auch schon farbige Tonfilme gesehen habt, aber >perspektivische< Bilder seht ihr doch nur im >Panorama<. [...]“<sup>72</sup> .*

---

<sup>69</sup> Die ersten bewegten Bilder erschienen um das Jahr 1896 in Deutschland, England und den USA. In den Jahren bis 1912 war das Kino eher eine Jahrmarktsattraktion, ähnlich wie einige Zeit die Stereoskopie. Nach Ende dieser Zeit entwickelte sich das Kino und darunter speziell der Spielfilm zu einer selbstständigen Wirtschaft- sowie Kunstform. Die Jahre 1913 bis 1927 umfassen die Zeit des Stummfilms. Als eine „goldene Ära“ für das Kino gelten die Jahre 1928 - 1932 in Hollywood. ( Vgl. Monaco, 2006, S. 232 )

<sup>70</sup> Vgl. Hoffmann, 1990, 25-27

<sup>71</sup> Vgl. Bauer / Graf, 2007, S. 14

<sup>72</sup> Karl Valentin, Sämtliche Werke, Ergänzungsband: Dokumente, Nachträge, Register, S. 142

Wenn Valentin hier vom Panorama spricht, dann meint er das „Panorama - International“, welches bis zu seiner Zerstörung Ende des zweiten Weltkrieges in der Kaufingerstrasse in München zu besuchen war.

Seit dem 6. Juni 2008 haben Besucher des Münchner Stadtmuseum die Möglichkeit ein solches, original erhaltenes Panorama von August Fuhrmann, in der Dauerausstellung „Typisch München!“ zu besichtigen.<sup>73</sup>

Karl Valentin setzte sich während seiner Schaffenszeit sehr für den Erhalt von geschichtlich interessanten Stereoskopien ein und sammelte diese auch. Eine dieser Stereografien aus dem Jahre 1870 soll abschließend einen Eindruck davon geben, welche Motive die Menschen zur Blütezeit der Stereoskopie betrachtet haben<sup>74</sup>.

---

<sup>73</sup> Anlässlich der 150 Jahre - Feier Münchens, portraitiert die Dauerausstellung „*Typisch München!*“, des Münchner Stadtmuseums, den Selbstfindungsprozess der bayerischen Landeshauptstadt von ca. 1858 bis heute. (Vgl. Homepage des Stadtmuseums. Link: ...zur Ausstellung...“typisch München!“.  
URL: <http://www.stadtmuseum-online.de/typisch/typisch.html>; abgerufen am 20.08.2008)

<sup>74</sup> Die Abbildungen befindet sich zur besseren Präsentation separat auf der nächsten Seite. Abbildung 17 unten kann dabei durch Zuhilfenahme der mitgelieferten 3-D Brille, stereoskopisch betrachtet werden. Es handelt sich hierbei um ein Bild in Anaglyphdarstellung. Bei diesem Verfahren werden die beiden Halbbilder überlagert, statt nebeneinander dargestellt. Durch eine Farbkodierung werden die Halbbilder in zwei Farbkanäle, hier Magenta / Cyan geteilt. Dazugehörige Brillen fügen die Halbbilder wieder zu einem stereoskopischen Gesamtbild zusammen. (Vgl. Umlauf, Ian / Maier, Florian: 3-D Glossar. In: Film & TV Kameramann, September 2008, S. 110-111)





Abb. 17 oben - Stereofoto vom Münchner Gärtnersplatz, 1870

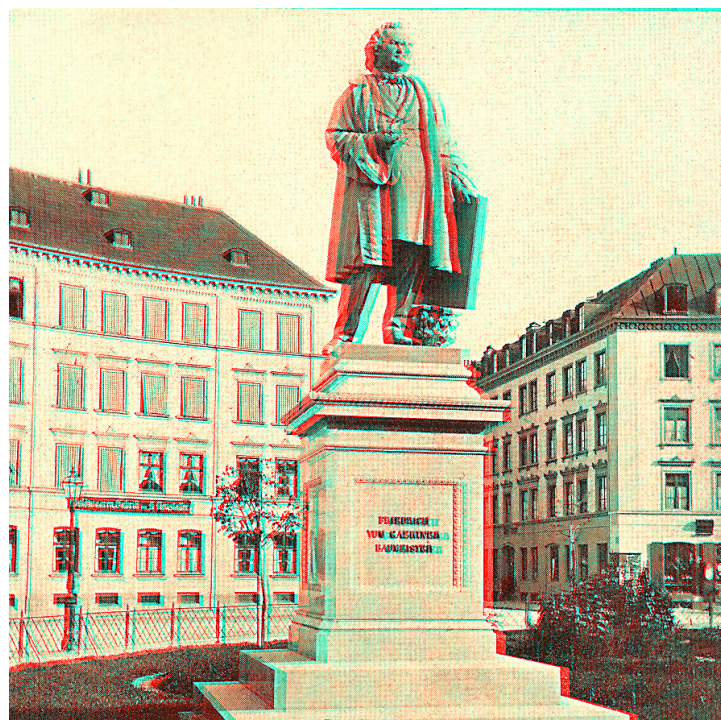


Abb. 17 unten - Stereofoto in Anaglyphdarstellung

## 2.4. Bewegte Bilder in 3D

Dieser Abschnitt widmet sich der neueren Geschichte der Stereoskopie und der Probleme, die daraufhin entstanden. Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf dem 3D-Kino. Dabei bildet die Geschichte der Stereo-Fotografie sicherlich den Ursprung der Stereoskopie und wurde deshalb auch in den vorausgegangenen Kapiteln weitgehend erläutert. Die stereoskopische Fotografie sowie weitere, unbewegte Formen der Stereoskopie, wie z.B. SIRDS<sup>75</sup>, haben m.E. nach auch weiterhin ihre Daseinsberechtigung. Sie werden nämlich noch immer von deren Anhängern und Liebhabern hergestellt und konsumiert. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt jedoch im Bereich des digitalen 3D-Kinos. Die folgenden Ausführungen bilden somit eine Überleitung zum aktuellen Stand der Entwicklung.

Nach der goldenen Hollywood-Ära der Jahre 1939 - 1951 wurde das Fernsehen langsam zu einer ernsthaften Konkurrenz für das Kino. Daraufhin suchten die Kinobetreiber nach einer Möglichkeit, das Publikum wieder vermehrt ins Kino zu locken. Sie fanden eine kurzfristige Lösung in der Stereoskopie.

Mit dem ersten großen kommerziellen 3D-Film „Bwana Devil“ („Der Teufel Bwana“), welcher im Dezember 1952 in die US-amerikanischen Kinos kam, lösten dessen Macher einen kurzfristigen Boom des 3D-Kinos aus.<sup>76</sup> In den Jahren 1952 - 1955 folgten über 50 3D-Kinoproduktionen<sup>77</sup>, darunter auch berühmte Werke wie Hitchcocks „Dial M for Murder“. Doch damit war die Euphorie über den 3D-Film zunächst auch schon wieder beendet.

In den 80ern gab es nochmals einen kurzen Aufschwung des Stereo-Films mit dem Streifen „Jaws 3-D“ („Der weisse Hai 3-D“), veröffentlicht im Jahre 1983, und dem Horror-Schocker „Friday the 13th Part III“ („Freitag, der 13te, Teil 3“) welcher am 12. August 1982 auf über 1.000 Silberleinwänden in Nordamerika seinen Start feierte.<sup>78</sup>

---

<sup>75</sup> Die Bezeichnung SIRDS steht für *Single Image Random Dot Stereogram*. Diese Art der Stereoskopie ist vielen besser bekannt unter dem Begriff „das magische Auge“. Mittels spezieller Computerprogramme können räumlich wirkende Formen in, auf den ersten Blick, wirr anmutende Bildern „versteckt“ werden. Durch die richtige Blicktechnik werden diese Formen dann sichtbar. (Vgl. Bode, 1994, S. 5)

<sup>76</sup> Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 72

<sup>77</sup> Vgl. Internet Movie Database. Eingabe: 3-dimensional. URL: <http://www.imdb.com/keyword/3-dimensional/>; abgerufen am 15.08.2008

<sup>78</sup> Zone, 2007, S. 3

In den letzten Jahren wurden 3D-Filme hauptsächlich in den noch vorhandenen IMAX-Kinos gezeigt. Darunter auch Blockbuster wie etwa der Animationsfilm „Der Polarexpress“ von 2004.

Doch die notwendige analoge Aufnahmetechnik und das spätere Projizieren der Bilder über zwei Filmprojektoren ist kostspielig und aufwendig. Gerade im IMAX mit seiner 70mm Großformatprojektion. Bereits ein geringes Abweichen der Bilder zueinander, hervorgerufen durch einen unruhigen Bildstand bei der Projektion, ist für den Zuschauer anstrengend und kann sogar zu mehr oder weniger starken Kopfschmerzen führen.<sup>79</sup>

Ein neues Zeitalter für die Stereoskopie soll nun mit der Einführung der digitalen Projektion in den Kinos anbrechen. Am 4. November 2005 feierte der Film „Chicken Little 3-D“ („Himmel und Huhn“) bereits in über 48 digitalen 3-D Kinos der USA Premiere.<sup>80</sup> Und auch in Deutschland konnte man im Frühjahr 2006 bereits im Cinema, München und im Cinecittà, Nürnberg eine digitale 3-D Projektion des Animationsfilmes bestaunen. Welche moderne digitale Technik dabei hinter zukünftigen Produktionen und bereits etablierten Projektionsmethoden zu finden ist, verdeutlicht das nächste Kapitel.

---

<sup>79</sup> Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 73

<sup>80</sup> Zone, 2007, S. 4

### 3. Die Stereoskopie im High Definition Zeitalter

Aktuell beherrscht kein Thema die Kino- und Medienlandschaft so sehr wie das Stereo-3D-Kino. Auf jeder bedeutenden Fachmesse oder Tagung der Medienbranche, sei es nun die NAB - Show<sup>81</sup>, IBC<sup>82</sup> oder die Digitale Cinematographie in München<sup>83</sup>, ist die Stereoskopie in aller Munde. Hersteller und Produzenten stellen ihre Werke in 3D vor und auch die Post-Produktions-Branche präsentiert neueste Softwarelösungen zur leichteren Bearbeitung der stereoskopischen Bildinhalte. Ebenfalls werden neueste Lösungen zur Präsentation stereoskopischer Inhalte, im Kino- sowie auch im Heimbereich, vorgestellt. Zusätzlich erscheinen Artikel in den verschiedenen Fachzeitschriften. Die Medienbranche und die Unterhaltungsindustrie ist m.E. dem Thema gegenüber sehr positiv eingestellt.

Anders verhält es sich dagegen mit der Meinung der breiten Öffentlichkeit. Der Großteil ist immer noch skeptisch gegenüber dem 3D-Kino aufgrund schlechter Erfahrung in der Vergangenheit. Diese Erfahrungen können evtl. sogar mit dem Gefühl von Schwindel und Übelkeit gekoppelt sein. Man bedenke: Einen schlecht gemachten 2D-Film verlässt man meistens nur mit schlechter Laune. Bei einem schlecht produzierten 3D-Film leidet der Zuschauer zusätzlich physisch. Solch eine körperliche Erfahrung vergisst man nicht so schnell, wie etwa eine schlechte Leistung der Schauspieler im Film.

An dieser Stelle kann die digitale Technik entscheiden dazu beitragen, Fehler aus der Vergangenheit vergessen zu machen.

---

<sup>81</sup> NAB steht als Abkürzung für *National Association of Broadcasters*. Die dazugehörige Messe findet jedes Jahr im Frühjahr in Las Vegas, USA statt. Die NAB - Show zählt zu den weltweit wichtigsten Messen der Medienbranche. (Vgl. Homepage der NAB, URL: <http://www.nab.org>; abgerufen am 12.08.2008)

<sup>82</sup> IBC steht als Abkürzung für *International Broadcast Convention*. Die Ausstellung und Konferenz, mit Hauptaugenmerk auf Technologien aus der Unterhaltungsindustrie, findet jedes Jahr im September in Amsterdam, Niederlande statt. Die IBC steht sozusagen als europäisches Gegenstück zur NAB. (Vgl. Homepage der IBC, URL: <http://www.ibc.org>; abgerufen am 12.08.2008)

<sup>83</sup> Die digitale Cinematographie in München ist eine Kombination aus kostenlosen Workshops, Ausstellungen und Screenings, welche seit sechs Jahren immer Ende Mai statt findet. Das Veranstaltertrio um Gerhard Baier (Band Pro Munich GmbH), Martin Ludwig (Ludwig Kameraverleih GmbH) und Martin Kreidl (MKMedia Production) präsentiert im Rahmen dieses High Definition Events alljährlich die neuesten Trends, Entwicklungen und Erfahrungen rund um das Thema High Definition Produktion. (Vgl. Homepage der digitalen Cinematographie, URL: <http://www.digitale-cinematographie.de>; abgerufen am 12.08.2008)



### 3.1 Aktuelle Möglichkeiten der digitalen 3-D Produktion

Lange Zeit waren hochqualitative Produktionen von 3-D Inhalten für das Kino einigen wenigen, auserwählten Spezialisten mit entsprechendem Budget und technischen Know-How, meist aus Hollywood, vorbehalten. Ein Fachmann auf diesem Gebiet ist z.B. der amerikanische Kameramann Vince Pace. Zusammen mit seinem Team entwickelte er ein 3-D Kamerasystem namens *Fusion*<sup>84</sup> und kümmert sich mit dessen Hilfe derzeit um Kameraarbeit für die Produktion von James Cameron's 200 Millionen Dollar 3-D Projekt „Avatar“. U.a. zeichnete er auch verantwortlich für die Kameraarbeit des stereoskopischen US - Kassenschlagers „Hannah Montana & Miley Cyrus: Best Of Both Worlds Concert“<sup>85</sup>, sowie für die weltweite erste 3-D Live - Übertragung eines NBA<sup>86</sup> Basketballspieles.

Zum Zeitpunkt der Arbeit war es offiziell noch nicht möglich, ein 3-D Rig für die Produktion eines stereoskopischen Spielfilmes bei einem deutschen Filmequipment Verleiher zu mieten. Der einfache Grund hierfür: Bislang gab es weltweit noch kein einziges kommerziell frei verkäufliches 3-D Rig auf dem Markt. Dieser Markt wird jedoch m.E. nach in den nächsten Jahren entstehen. Diese Entwicklung ist auch der Tatsache geschuldet, aktuell auf eine große Auswahl an kostengünstigen, digitalen Filmkameras zurückgreifen zu können, welche sich laufend in Auflösung und Bildqualität dem traditionellen Filmmaterial annähern und in Kombination mit den entsprechenden 3-D Rigs sinnvoll zu benutzen sind. Die Herstellung von 3-D Filmen kann somit auch für Filmproduktionen mit geringem oder mittleren Budget genutzt werden.

Unabhängig davon, welche digitalen Kameras letztendlich für die Produktion verwendet werden, gibt es derzeit grundsätzlich zwei unterschiedliche technische Herangehensweisen an das Thema 3-D Produktion.

---

<sup>84</sup> Hergestellt durch das Unternehmen PACE, mit Sitz in Burbank, Los Angeles, USA (Vgl. Homepage des Unternehmens PACE. URL: <http://www.pacehd.com>; abgerufen am 20.8.2008)

<sup>85</sup> Der 3-D Konzertfilm des Regisseurs Bruce Hendricks lief in den USA am Premierenwochenende gerade mal in 683 3D-Kinos. Spielte dabei aber vergleichsweise mehr Geld ein als andere 2D-Filmproduktionen die zeitgleich auf über 2000 Leinwänden der Vereinigten Staaten Premiere feierten. ( Vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 72 )

<sup>86</sup> Die Abkürzung NBA steht für die nordamerikanische Basketball-Profiliga (Vgl. Wikipedia. Eingabe: NBA. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/NBA>; abgerufen am 20.8.2008 ).

Die Produktion mittels *Spiegel-Rig* (engl. *Mirror Rig*) oder dem *Seite - an - Seite - Rig* (*Side-by-side Rig*). Auf welches System die Wahl zweckmäßiger Weise fällt, hängt letztendlich auch entscheidend von der jeweiligen Anwendung ab. Die folgenden Erläuterungen zu den jeweiligen Systemen sollen hierbei einen Überblick zum besseren Verständnis der Techniken liefern, verbunden mit einer Analyse der jeweiligen Vor- und Nachteile.

### 3.1.1 Das Spiegelsystem am Beispiel des 3-D Rigs von P&S Technik

Die Firma P&S Technik<sup>87</sup> mit Sitz in Ottobrunn hat mit ihrem 3-D Rig das erste frei verkäufliche Werkzeug zur professionellen Herstellung von stereoskopischen 3-D Filmen im Angebot. Hauptverantwortlich für dessen Entwicklung sind der Münchner Diplomingenieur und 3-D-Spezialist Florian Maier sowie der französische 3-D-Kameramann Alain Derobe.

Die folgenden Ausführungen zum Rig basieren zum einen auf den Gerätedaten, welche von der Firma P&S auf deren Firmenhomepage zur öffentlichen Verfügung gestellt werden, und zum anderen auf persönlichen Dreherfahrungen mit dem Rig. Dabei soll, neben dem allgemeinen Grundprinzip eines Spiegel-Systems, auch auf Möglichkeiten und Einschränkungen in Bezug auf die praktischen Anwendungen des 3-D Rigs, hier von P&S Technik, eingegangen werden.



Abb. 18 - 3-D Rig von P&S im Ausseneinsatz

---

<sup>87</sup> Die Firma P&S Technik wurde 1990 von ehemaligen Ingenieuren der Firma ARRI München gegründet. Seit 1993 ist P&S Technik mit eigenen Entwicklungen auf dem Gebiet der Filmproduktionstechnik auf dem Markt aktiv. Zu ihrem Portfolio gehört u.a. der, bei Independent Filmproduktionen besonders beliebte, P&S Adapter, zur Erzeugung eines gewissen Filmlooks bei der Benutzung von Videokameras. (Vgl. Homepage von P&S Technik. URL://www.pstechnik.de; abgerufen am 20.08.2008)

### 3.1.1.1 Grundprinzip und besondere Merkmale des Systems

#### Grundprinzip

Bei einem Mirror-Rig sind beide Kameras, wie in Abb. 19 zu erkennen, im 90° Winkel senkrecht zueinander positioniert. Die Kameras werden dabei auf bzw. in eine so genannte *Mirrorbox* montiert. Verbindungselement bei-

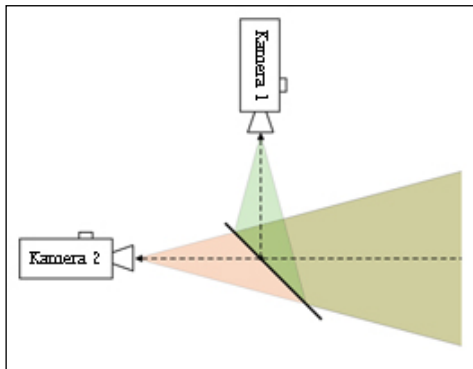


Abb. 19 - Seitenansicht eines Mirror-Rigs

der Kameras bildet hierbei ein halbdurchlässiger Spiegel. Der Spiegel dient im Falle von Kamera 1 als Strahlenteiler, welcher die vorne in die Mirrorbox einfallenden Lichtstrahlen senkrecht umlenkt. Es werden hierbei etwa 50 Prozent des einfallenden Lichtes reflektiert. Kamera 2 hingegen filmt waagrecht durch den Spiegel hindurch. Mittels zweier Schrauben zur Feineinstellung ist es

ohne weiteres möglich, den Spiegel nach vorne wie nach hinten zu versetzen, sowie ihn im Winkel zu verstellen. Dabei ist eine der beiden Kameras, im Beispiel des 3-D Rigs von P&S Technik Kamera 1, millimetergenau in der horizontalen Ausrichtung zu „verfahren“ und ermöglicht es somit, die Stereobasis auf Null zu setzen. In Kombination mit der Feinjustage des Spiegels sowie der Funktion, die Kameras jeweils in der Entfernung zum Spiegel zu verschieben, um die Bildausschnitte beider Kamerabilder anzupassen, ist es möglich, beide Kameraachsen exakt gleich auszurichten. Man erhält somit ein identisches Bild beider Kameras und ist durch die spezifische Bauform des Systems in der Lage, auch minimalste Stereobasen einstellen zu können, um das perspektivisch jeweilige linke oder rechte Halbbild aufzuzeichnen. Diese Feineinstellungen sind elementar wichtig, um ungewollte Abweichungen in den stereoskopischen Halbbildern und deren Folgen für die spätere Projektion, wie zuvor in Abschnitt 2.3.4 beschrieben, vermeiden zu können.

Der Hauptnachteil des Systems liegt allerdings im halbdurchlässigen Spiegel des Mirror-Rigs. Durch die Wirkung als Strahlenteiler erleidet man im Durchschnitt einen Lichtverlust von ungefähr einer Blende<sup>88</sup>. Dieser Nachteil ist m.E. jedoch zu verkraften; denn durch eine geringe Erhöhung der Lichtleistung am Set, welche ohnehin aufgrund der bei Stereoaufnah-

<sup>88</sup> Vgl. Umlauff, Ian: Viel Technik für mehr Raum. In: Film & TV Kameramann, September/2008, S. 92

men erwünschten hohen Schärfentiefe und der dazu u.a. benötigten kleinen Blende benötigt wird, kann dieser Lichtmangel kompensiert werden.

#### *Besondere Merkmale des Systems von P&S Technik*

Das System von P&S Technik zeichnet sich besonders durch eine hohe Flexibilität aus, basierend auf der Grundlage eines modularen<sup>89</sup> Designs. Die Module<sup>90</sup> gliedern sich wie folgt:

1. *Die Mirror - Box* : erhältlich in bisher 4 verschiedenen Bauformen, abhängig von der Größe der verwendeten Objektive und Kameras.
2. *Der Stativ - Adapter* : in 2 Größen erhältlich; Variante *Lightweight* für Aufbauten bis maximal 15kg pro Kamera und Optik sowie der Variante *Heavy Duty* für ein Gewicht von jeweils 25kg.
3. *Der Kamera - Adapter* : in 3 Versionen verfügbar; jeweils entsprechend dem Gewicht des einzelnen Kameraaufbaus - *Lightweight max. 5kg*, *Standard max. 15kg* und *Heavy Duty max. 25kg*
4. *Zusätzliches Equipment* wie z.b. Adapter - Platten für die jeweils benutzten Kamerateypen.

Auf der Basis der unterschiedlichen modularen Aufbaumöglichkeiten ist man in der Lage, eine große Anzahl von aktuell am Markt erhältlichen Kamerateypen einzusetzen. Angefangen bei semi-professionellen HD - Camcordern, wie etwa dem Sony EX3, bis hin zur 200.000 € teuren digitalen Filmkamera, wie etwa der F35 von Sony. Einzige Voraussetzung ist hierbei die *Genlock* - Fähigkeit der Kameras. D.h., die Bilder der beiden Kameras müssen beim Drehen miteinander synchronisiert werden, denn bereits ein geringer zeitlicher Versatz der Bilder würde den stereoskopischen Bildeindruck verschlechtern bzw. im schlimmsten Fall verhindern.

Der Auf- und Umbau der einzelnen Module gestaltet sich dabei als sehr benutzerfreundlich. Es erlaubt dem Kameraassistenten auch am Set, bei Bedarf, flexibel auf ein anderes Kamerasystem zu wechseln.

---

<sup>89</sup> Abgeleitet vom Begriff *Modul (das)* aus dem lat.-engl. *austauschbares, komplexes Teil eines Geräts oder einer Maschine, das eine geschlossene Funktionseinheit bildet*. (Vgl. Duden, Begriff: *modul*, S. 642)

<sup>90</sup> Ein kompletter Überblick über die Module ist dem technischen Datenblatt von P&S Technik zu entnehmen. (Vgl. Datenblatt zum 3-D Rig von P&S Technik. PDF-Dokument. URL: [http://www.pstechnik.de/DB\\_3DRig\\_v080528\\_web.pdf](http://www.pstechnik.de/DB_3DRig_v080528_web.pdf); abgerufen am 20.08.2008)

Hierbei sei jedoch auch erwähnt, dass aufgrund der Bauform der Mirror Box, je nachdem für welches Kamerasystem man sich entscheidet, eine gewisse Größe und eventuelle Unhantlichkeit des Systems entstehen kann und nicht außer Acht gelassen werden sollte. Dieser Faktor sollte in Vorbereitungen zur Produktion berücksichtigt werden.

Ein schneller Wechsel der Objektive ist ebenfalls bedacht worden. Zu diesem Zweck ist es möglich, den Schlitten der Kameraplatten schnell aus der Mirror Box zu ziehen, um somit Platz für einen Objektivwechsel zu schaffen. Vom Zurückschieben des Schlittens bleiben die zuvor getätigten Feineinstellungen unbeeinflusst. Ein erneuter Abgleich der Kamerabilder wird jedoch auf Grund von eventuellen qualitativen Unterschieden der einzelnen Optiken zueinander empfohlen. Besonders bei Objektiven günstigerer Bauweisen sowie Zoom-Objektiven sei hierauf verwiesen.

Das 3-D Rig ist für alle Einsatzbereiche beim Film konzipiert worden. Dazu zählt u.a. der bewegte Einsatz mittels Kran oder Steadycam.<sup>91</sup> Stereobasis und Konvergenz der Kameras zueinander (im Folgenden auch als *Angulation* bezeichnet) werden über fein justierbare Drehräder eingestellt, wobei als bewegliches Element hier Kamera 2 (siehe Abb. a1) dient. Stereobasis und Angulation sind jeweils mit dazugehörigen Anzeigen ausgestattet, um sich evtl. Werte zur späteren Auswertung des Drehs notieren zu können oder Anpassung im laufenden Betrieb vorzunehmen, um z.B. die Lage des Scheinfensters anzupassen. Mithilfe von motorgesteuerten Antrieben ist es zudem auch möglich, Stereobasis und Angulation und daneben parallel Schärfen- und Blendeneinstellungen beider Kameras, per Funk komfortabel fernzusteuern.<sup>92</sup>

### 3.1.1.2 Das Mirror - Rig in der praktischen Anwendung

Aufgrund der spezifischen Vor- und Nachteile des Systems ist das 3-D Rig von P&S Technik für bestimmte Anwendungsgebiete besonders gut bzw. weniger gut geeignet.

---

<sup>91</sup> Der Name Steadycam dient als Überbegriff für Kamerastabilisierungssysteme aller Art.

<sup>92</sup> Das amerikanische Unternehmen *CMotion* bietet speziell zu diesem Zweck flexible Lösungen für den Einzelfall an. (Vgl. Homepage von CMotion. URL: <http://www.cmotion.eu/>; abgerufen am 20.08.2008)

Nachteilig verhält sich dabei zunächst die Bauform. Aufgrund der Ergonomie des Systems, welche auch beim kleinsten Aufbau nicht unerheblich ist, wird ein schneller Einsatz aus der Hand erschwert. Sollte mit unterschiedlichen Kamerasystemen gearbeitet werden, so muss zusätzlich ein gewisser Zeitfaktor für den Umbau und die Neuausrichtung der Kameras sowie des Spiegels eingerechnet werden. Ein dokumentarisches Arbeiten muss gut geplant sein und sollte möglichst nur mit einem festen und erprobten Kameraensemble erfolgen, um Fehler in der Aufnahme zu verringern.

Der größte Vorteil des Spiegel - Systems für die Aufnahme stereoskopischer Filme liegt in der Möglichkeit, kleinste Stereobasen einstellen zu können. Geringe Stereobasen von z.B. 20mm werden u.a. benötigt für Aufnahmen, bei denen sich der Nahpunkt sehr nah, beispielsweise nur 1m vor den Kameras, befindet, mit dem Fernpunkt hier im Unendlichen<sup>93</sup>. Solche Einstellungen entsprechen etwa beim Spielfilm oder auch Dokumentarfilmbereich der Tagesordnung. Bei einer normalen Stereobasis von etwa 65mm wäre aufgrund des geringen Objektabstandes zur Mitte der Kameraachsen eine Aufnahme nicht mehr möglich. Der Gegenstand würde in den toten Winkel der Kameras fallen und somit nicht mehr erfasst werden.<sup>94</sup> Eine geringe Stereobasis ist in einem solchen Falle unumgänglich und kann in diesem Zusammenhang auch nicht durch das Einschwenken bzw. Konvergieren der Kameras gelöst werden, da hierbei die Halbbilder im Hintergrund zu stark auseinander laufen würden. Eine Fusion der Halbbilder würde nicht mehr zustande kommen könnten.

Hinzu kommt die Möglichkeit, stereoskopische Bilder stark vergrößert auf Leinwänden mit bis zu 20 Meter Länge<sup>95</sup> projizieren zu können. Wie bereits aus Abschnitt 2.3.4 bekannt, ist die Größe der maximalen parallaxischen Verschiebung abhängig von der Projektion und der Stereobasis. Unter Beachtung des Konvergenzverbotes ist es also in vielen Fällen notwendig, eine Stereobasis weit unter einem Wert von 65mm bei der Aufnahme zu wählen, um einen funktionierenden stereoskopischen Effekt zu erhalten und keine Doppelbilder entstehen zu lassen.

---

<sup>93</sup> Bei den Berechnungen zur Stereobasis S wurde eine Normalbrennweite f von 50mm benutzt. (Vgl. Vierling, 1965, S. 89)

<sup>94</sup> Vgl. Umlauff, Ian: Viel Technik für mehr Raum. In: Film & TV Kameramann, September 2008, S. 91

<sup>95</sup> Wie z.B. im Falle einer Projektion des *Tycho Brahe Planetariums* in Kopenhagen. (Vgl. Homepage des Tycho Brahe Planetariums. URL: <http://www.tycho.dk/article/articleview/621/1/97>; abgerufen am 21.08.2008 )

Zuletzt ist auch der finanzielle Aspekt einer 3-D Produktion nicht zu vernachlässigen. Nach der Meinung des amerikanischen 3-D Fachmanns Steve Schlair<sup>96</sup>, ist hierbei, je nach Aufwand, mit erhöhten Produktionskosten in einem Bereich zwischen 5 und 20 %, im Gegensatz zur herkömmlichen Filmproduktion, zu rechnen. Bei einem Anschaffungspreis ab ca. 15.000 € ist das 3-D Rig von P&S Technik im unteren Preissegment dieses Bereiches anzusiedeln. Mit der Möglichkeit, unterschiedliche Kamerasysteme in Kombination mit dem Rig benutzen zu können, ist dies ein entscheidender wirtschaftlicher Faktor, welcher zusätzlich für die Nutzung dieses Systems spricht.

### 3.1.2 Das „Seite - an - Seite - System“ am Beispiel der Firma 3ality

Neben der Möglichkeit, stereoskopische Aufnahmen mittels eines Spiegel-Rigs herzustellen, steht die Variante des „Seite - an - Seite“ -Systems (im Folgenden mit der in Fachkreisen geläufigeren Begriffsverwendung Side - by -Side -Rig bezeichnet) zur Verfügung. Diese Technik wird in der stereoskopischen Fotografie bereits seit fast 150 Jahren genutzt<sup>97</sup>. Auch im Zeitalter der digitalen Fotografie ist das Side-by-Side Rig eine beliebte Technik zur Herstellung digitaler Stereoskopien. Abb. 20 zeigt hierzu ein aktuelles Rig der Firma RBT<sup>98</sup>.



Abb. 20 - RBT 3-D Digitalkamera

<sup>96</sup> Steve Schclair ist Gründer und Vorstandsvorsitzender der 3-D Produktionsfirma *3ality Digital LLC*. Das Produktionshaus hat seinen Sitz in Los Angeles, USA. Die Spezialisierung des Unternehmens liegt im Bereich der Produktion hochqualitativer digitaler Live - 3-D-Inhalte. (Vgl. Homepage von 3ality Digital LLC. URL: <http://www.3alitydigital.com>; abgerufen am 21.08.2008)

<sup>97</sup> Bereits erwähnt in Abschnitt 3.2 zur Geschichte der Stereoskopie.

<sup>98</sup> Die Abkürzung RBT steht für die Firma Raumbildtechnik GmbH. Das Unternehmen entwickelt und vertreibt seit 1988 Stereokameras, Stereoprojektoren und weiteres Zubehör aus diesem Bereich. (Vgl. Homepage von RBT-Raumbildtechnik GmbH. URL: <http://www.rbt-3d.de>; abgerufen am 21.08.2008)

An dieser Stelle unterscheidet sich die digitale stereoskopische Fotografie jedoch von der digitalen stereoskopischen Kinematographie. Denn wo eine Stereo - Fotografie in den meisten aller Fälle auf einer kleinen Projektionsfläche, wie z.B. auf einem Laptop - Display oder auf einem 9 x 13 cm Ausdruck, betrachtet wird, so wird ein 3-D Film im Kino zwangsläufig auch auf Leinwänden mit einer Größe von bis zu 20 Meter projiziert. Somit ergeben sich, wie in den Abschnitten zuvor bereits erläutert, spezifische Anforderungen an die Stereobasis. Auf der Herstellung digitaler stereoskopischer Filme für das Kino liegt auch der Schwerpunkt dieser Arbeit und somit soll der Vergleich mit der Stereo-Fotografie nur der Vollständigkeit halber hier statt finden.

Im Gegensatz zur Fotografie gibt es auf dem Markt der digitalen 3-D Filmproduktion, nach aktueller Recherche, bis zum heutigen Tage kein kommerziell käufliches Side-by-Side-Rig zu erwerben. Werden entsprechende Rigs bei Produktionen eingesetzt, so handelt es sich dabei um technische Eigenkonstruktionen der jeweils beteiligten Kameralleute oder Produktionsfirmen.

Für die Produktion des im Auftrag von National Geographic entstanden 3-D Konzertfilmes „U2 3D“<sup>99</sup>, der irischen Rockband U2, wurde von den Machern, der Firma 3ality aus den USA, bei der Aufnahme u.a. auch ein eigens entworfenes Side-by-Side-Rig verwendet. Aufgrund dieser der Öffentlichkeit nicht zugänglichen Eigenproduktion ist es mir nur bedingt möglich, technische Details zum Rig näher darzustellen. Daher sind die Erläuterungen in diesem speziellen Fall eher allgemein gehalten.

Warum eine Kombination von Mirror Rig und Side-by-Side Rig im Einzelfall durchaus Sinn machen kann, wird nach der Erläuterung zur Technik und Anwendung eines Side-by-Side Rigs, am Beispiel der Firma 3ality und der Produktion des 3-D Filmes „U2-3D“, geklärt.

---

<sup>99</sup> Der Film „U2 3D“ zeichnet sich darin aus, nach Ansage der Macher, der erste digitale 3-D-Film mit Live-Konzertaufnahmen zu sein. Seit dem 13. März 2008 ist es möglich den Film in geeigneten 3-D Kinos in Deutschland zu sehen. Nähere Information dazu gibt es auf der Homepage zum Film: URL <http://u2-3d.de/>; abgerufen am 21.08.2008



### 3.1.2.1 Grundprinzip und besondere Merkmale des Systems

#### *Grundprinzip*

Das Side-by-Side-Prinzip nutzt die Möglichkeit der Positionierung zweier möglichst identischer monoobjektiver Kameras mittels spezieller techni-

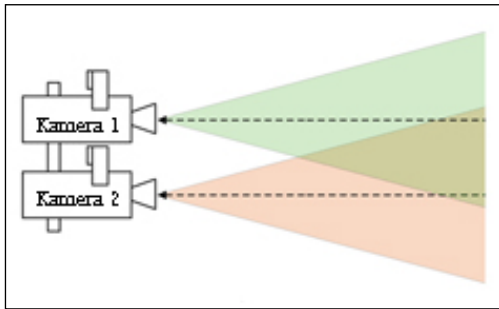


Abb. 21 - Side-by-Side-System

scher Konstruktionen nebeneinander<sup>100</sup> (siehe Abb.21). Kamera 1 und 2 nehmen dabei jeweils das linke sowie das rechte Halbbild auf. Bei der Wahl der Kameras muss natürlich wieder darauf geachtet werden, dass sich die Kameras miteinander synchronisieren lassen.

Die benötigte Stereobasis wird, je nach System, durch eine horizontale Verschiebung der Kameras zueinander erreicht. Die kleinste Basis ist hierbei, im Gegensatz zum Spiegelsystem, abhängig von der physikalischen Größe der verwendeten HD-Kamerasysteme. Hierin liegt in den meisten aller Fälle auch der grosse Nachteil dieses Systems. Es gibt jedoch auch Ausnahmefälle, in denen eine größere Stereobasis erwünscht ist, wie nachfolgend in Abschnitt 4.1.2.2 zur Aufnahmepraxis mittels Side-by-Side rig erläutert wird.

Zusätzlich zur Stereobasis kann auch die Konvergenz, entweder durch das Drehen einer oder beider Kameras, der Aufnahmesituation entsprechend angepasst werden.

#### *Besondere Merkmale des Side-by-Side Rigs der Firma 3ality Digital*

Das aus Karbonfaser<sup>101</sup> gefertigte Rig TS-3 der Firma 3ality zeichnet sich, bedingt durch seine kompakte Bauform, besonders durch eine hohe Flexibilität und geringes Gewicht und somit einer grossen Handlichkeit aus (siehe Abb. 22). Im gezeigten Beispiel wird das Rig von 3ality in Kombination mit zwei sehr kleinen HD-Kameras der Marke Iconix HD-RH1F<sup>102</sup> genutzt.

<sup>100</sup> Vgl. Vierling, 1965, S. 97-99

<sup>101</sup> Vgl. Geißler, Jörg: U2 & 3D-HD. In: Cut, Nr. 89/2008, S. 18

<sup>102</sup> Das amerikanische Produktionshaus Iconix mit Sitz in Santa Barbara, Los Angeles hat sich auf den Spezialbereich der Miniaturisierung von HD-Kamerasystemen auf dem Gebiet der digitalen Filmproduktion etabliert. Dabei bietet das Unternehmen High-End Lösungen, für Kunden aus dem Bereich des digitalen Kinos sowie der digitalen Stereoskopie an. (Vgl. Homepage des Unternehmens Iconix Video. URL: <http://www.iconixvideo.com>; abgerufen am 22.08.2008.)

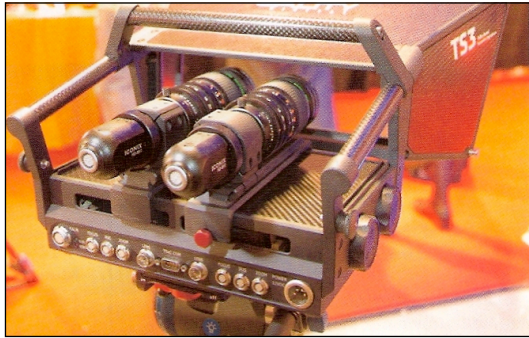


Abb. 22 - Side-by-Side Rig von 3ality

Dieses Kamerasystem zeichnet Bilder digital in einer Auflösung bis zu 2K<sup>103</sup> auf und wird u.a. auch bevorzugt von James Camerons´ Kameramann Vince Pace benutzt.

Trotz der schon geringen Breite des Kamerakopfes ist man bei dem System jedoch auf eine minimale Stereobasis von ca. 67mm

beschränkt.<sup>104</sup> Dies entspricht zwar ungefähr dem durchschnittlichen Augenabstand eines Erwachsenen, jedoch ergeben sich durch diese Konfiguration bereits Limits in Bezug auf die spätere Aufnahmepraxis, bei welcher je nach Anwendung eine geringerer Stereobasis benötigt wird.

Eine Besonderheit des Systems ist ebenfalls die Fähigkeit mittels computergesteuerter Stellmotoren, gleichzeitig die Stereobasis wie auch die Konvergenz fernzusteuern, wobei sich hier beide Kameras simultan zueinander eindrehen lassen. Dies ermöglicht beispielsweise das Fokussieren und Nachführen der Kameras auf ein sich näherndes Objekt während der laufenden Aufnahme.<sup>105</sup> Ähnlich der Physiologie des menschlichen Auges, welche umso stärker konvergieren müssen, je mehr sich ein Gegenstand mittig den Augen nähert.

### 3.1.2.2 Das TS-3 Rig in der praktischen Anwendung

Als Hauptargument gegen die Benutzung des Rigs von 3ality steht an erster Stelle die Limitation der Stereobasis auf einen Minimalwert von 67mm. Jedoch ist dieses Urteil zu vorschnell getroffen. In vielen Aufnahmesituationen ist sogar eine Stereobasis von weit über 67mm mehr als erwünscht. Dies wäre z.B. der Fall bei Aufnahmen aus einem Hubschrauber oder Flugzeug heraus, bei denen der Nahpunkt teilweise 1km von der Kamera

<sup>103</sup> hier: Bezeichnung für die Auflösung von digitalen Filmkameras. In diesem Falle von 2048x1080 Bildpunkten. (Vgl. Wikipedia, Eingabe 2k. URL: <http://www.de.wikipedia.org/wiki/2k>; abgerufen am 22.08.2008)

<sup>104</sup> Basierend auf den Kameradaten des Systems Iconix HD-RH1. Die jeweilige Bautiefe eines Kamerakopfes beträgt 33,5mm. (Vgl. Technisches Datenblatt zur RH1. PDF-Dokument. URL: <http://www.iconixvideo.com/images/Studio2K.pdf>; abgerufen am 22.08.2008)

<sup>105</sup> Vgl. Geißler, Jörg: U2 & 3D-HD. In: Cut, Nr. 89/2008, S. 18

entfernt sein kann. In solch einem Fall kann die benötigte stereoskopische „Großbasis“ auch schon einmal bei einem Wert von 50cm liegen<sup>106</sup>. In der Literatur werden solche Aufnahmen auch als „*telestereoskopische*“ *Aufnahmen* bezeichnet<sup>107</sup>.

Der Einsatz eines TS-3 Rigs, mit entsprechender Stereobasis, hängt somit zum einen von der Entfernung der Kameras zur Nahpunkt ab. Zum anderen stellt sich auch die Frage, für welche Leinwandgröße produziert werden soll. Eine Frage, die generell bei jedem 3-D Dreh als erstes geklärt werden sollte. Denn ist eine Auswertung des Materials etwa ausschließlich für den durchschnittlichen privaten Heimgebrauch, bspw. zur Betrachtung auf einem handelsüblichen LCD - Fernseher bis zu 40“, geplant, so kann eine Stereobasis von 67mm bei der Aufnahme ebenfalls zu dem gewünschten stereoskopischen Ergebnis führen.

Neben der Einschränkung der Stereobasis liegt dagegen der große Vorteil des Rigs von 3ality in der schnellen Einsatzbereitschaft und Handlichkeit des Systems. Aufgrund des geringen Gewichts und der kompakten Ergonomie eines Side-by-Side Rigs, eignet es sich hervorragend für Aufnahmen mittels dokumentarischer Handkamera. Diese Vorzüge wurden u.a. auch für die Aufnahmen beim Dreh des Konzertfilmes „U2 3D“ genutzt. Dem Kameramann wird somit eine größere Bewegungsfreiheit eingeräumt und keine Beschränkungen seitens des Kameraequipments auferlegt.

Fern jeglicher Vor- und Nachteile eines Side-by-Side Rigs sei jedoch an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass es sich bei dem Rig TS-3 um ein spezielles Produktionsgerät der Firma 3ality Digital handelt, welches in dieser Form, im Gegensatz zum 3-D Rig von P&S Technik, nicht zu erwerben bzw. zu mieten ist. Der Einsatz dieser Technik schliesst die Dienstleistung der Firma 3ality Digital und deren Mitarbeiter mit ein.

---

<sup>106</sup> Bei der deutschen 3-D Produktion „24h-Rennen Nürburgring“ der Firma Kuk Filmproduktion GmbH im Sommer 2007, wurde ein solches Rig mit 50cm Aufnahmebasis für Hubschrauberaufnahmen verwendet. (Vgl. Umlauff, Ian: Grüne Hölle in 3D. In: Film & TV Kameramann, September 2008, S. 108)

<sup>107</sup> Vgl. Vierling, 1965, S. 90

### 3.1.3 Fazit aus dem Vergleich

Das digitale Zeitalter ist nun auch im Bereich der stereoskopischen Kine-  
matographie angekommen. Die Grundtechniken, welche zur Herstellung  
aktueller 3-D Filme benutzt werden, sind nicht neu. Lediglich das Aufnah-  
meformat hat sich vom Film hin zum digitalen Medium gewandelt. Diese  
Digitalisierung bietet zudem den großen Vorteil, Aufnahmen direkt auf  
dem Monitor zu sehen und damit die Bildwirkung sofort überprüfen zu  
können. Das Risiko einer fehlerhaften Aufnahme wird stark vermindert,  
wie es der Kameramann David Slama<sup>108</sup> bei der Antwort auf die Frage, wor-  
in der Vorteil beim Drehen von 3-D auf HD wäre, bei einem Interview zu-  
sammenfasst hat:

*„Man kann sich Sachen trauen , kann es ausprobieren! Mann muß nicht  
erst aufnehmen, entwickeln, scannen, rechnen und projizieren, um  
überlegen zu können, geht das oder geht das nicht. Das Feedback ist sofort  
da.“<sup>109</sup>*

Neben einer gewissen Risikominimierung beim Drehen, steht den potenti-  
ellen Produzenten und Künstlern in diesem Bereich zudem eine große Palette  
an digitalen Aufnahmewerkzeugen zur Verfügung.

Der vorhergegangene Vergleich der Systeme zeigt zunächst, dass es einer  
intensiven und vorausschauenden Planung im Vorfeld einer 3-D Produktion  
bedarf. Aufgrund der vielen Variablen, die bei einem stereoskopischen  
Filmdreh, zusätzlich zu den ohnehin schon bestehenden Problemen und  
Unbekannten einer traditionellen Filmproduktion, noch hinzukommen. Da-  
bei ist es jedoch möglich, beide Systeme - das Spiegel- sowie das Side-by-  
Side - System - gemeinsam während einer Produktion zu nutzen. Entschei-  
dend bleibt immer der jeweilige Einzelfall.

Derzeit hat sich das 3-D Rig der Firma P&S Technik den entscheiden Vor-  
teil gesichert, das erste für Jedermann frei zugängliche, professionelle 3-D  
Produktionswerkzeug weltweit zu sein.

---

<sup>108</sup> David Slama blickt auf eine 38 jährige Erfahrung im Kamerabereich zurück. Da-  
bei wird er als einer der erfahrensten 3-D Kameralaute Deutschlands bezeichnet.  
Zusammen mit Josef Kluger von Kuk-Film hat er u.a.auch schon an der Produktion  
eines 3-D Imagefilms für die T-Com mitgewirkt. (Vgl. Umlauff, Ian: Interview mit  
Kameramann David Slama. In: Film & TV Kameramann, September 2008, S.98)

<sup>109</sup> Aus einem Interview mit dem Kameramann David Slama zum Thema 3-D Gestal-  
tung mittels HD-Technologie. ( Vgl. Umlauff, Ian: Interview mit Kameramann David  
Slama. In: Film & TV Kameramann, September 2008, S.100)

Die Flexibilität, das Rig mit den derzeit wichtigsten HD-Kamerasystemen auf dem Markt ausstatten zu können, macht es nun auch kleinen Independent Produktionen mit geringen finanziellen Mitteln möglich Inhalte in 3-D produzieren zu können.

Aufgrund dieser Tatsache wird es nun u.a. auch traditionellen Kamera-leuten und Studenten künftig möglich sein, eigene Erfahrungen auf dem Gebiet der digitalen Stereoskopie sammeln zu können und sich somit auf diesem Gebiet aus- bzw. weiterzubilden. Zusätzlich ist es möglich, etablierte Dienstleister und Spezialisten auf dem Gebiet der Stereoskopie, wie etwa die Firma Virtual Experience<sup>110</sup> in München, für Aufträge extern zu buchen.

Die Voraussetzungen für die digitale Produktion verschiedenster Formate im Bereich der 3-D Unterhaltung sind somit m.E. nach aktuell bereits zur Genüge vorhanden.

### **3.2 3-D in der Post-Produktion**

Nach der Herstellung digitaler stereoskopischer Aufnahmen folgt hierauf der logische Schritt der Verarbeitung der Bilddaten. Wie schon beim traditionellen zweidimensionalen Film ist das Fachgebiet der Postproduktion ein eigenes, sehr weites und spezialisiertes Feld in der Kette zwischen der Aufnahme und der Projektion eines Filmes. Das Gebiet der digitalen 3-D Postproduktion gäbe, aufgrund des hohen Informationsgehaltes, Anlass zur Füllung einer weiteren wissenschaftlichen Arbeit. An dieser Stelle können indessen nur die wichtigsten Grundinformationen zu diesem Thema geliefert werden.

Der Prozess der Post-Produktion lässt sich, bei Konzentration auf das Bild, zunächst grob in die Hauptbereiche Schnitt und Farbkorrektur aufgliedern. Grundsätzlich ist die Bearbeitung der zuvor aufgezeichneten Halbbilder mit jedem üblichen Schnittsystem auf dem Markt möglich. Das System muss nur aufgrund seiner Kapazitäten<sup>111</sup> in der Lage sein, beide Halbbilder gleichzeitig, also die doppelte Datenmenge als normal, bearbeiten zu können. Somit wäre man grundsätzlich in der Lage, beide Bilder übereinander zu legen und den gewünschten Schnitt zu erzielen.

---

<sup>110</sup> Die Firma Virtual Experience in München stellt bereits seit mehreren Jahren 3-D Filme u.a. auch für Vergnügungsparks her. (Vgl. Homepage von Virtual Experience. URL:<http://www.virtual-experience.de>; abgerufen am 24.08.2008)

<sup>111</sup> Als Kapazitäten gelten hierbei die geforderten Komponenten eines Rechner-Systems, wie etwa Festplattengeschwindigkeit und Arbeitsspeicher usw.

Traditioneller Software fehlt an dieser Stelle jedoch ein entscheidende Faktor. Dies betrifft die Möglichkeit, den Schnitt sowie Korrekturen im Bild in 3-D und Echtzeit begutachten zu können. Farbkorrekturen müssten in diesem Falle nacheinander und getrennt voneinander erfolgen. Dieser Arbeitsablauf ist nicht zu bevorzugen.

Firmen wie *Interactive Effects*<sup>112</sup> oder *Quantel*<sup>113</sup> haben derzeit spezielle *stereoscopic 3-D tools* im Angebot, also Software welche als Handwerkszeug zur komfortablen und gezielten Echtzeit - Nachbearbeitung von 3-D Inhalten dient. Der Anwender dieser Software kann mithilfe eines speziellen Monitors und einer 3-D Brille den stereoskopischen Effekt beim Schnitt sowie bei der nachträglichen Farbkorrektur oder sonstiger Bearbeitungen sofort beurteilen und kontrollieren. Zudem ist es möglich, die beiden Halbbilder in Höhe und Breite pixelweise zueinander zu verschieben. Dies ermöglicht eine nachträgliche Feinjustage der Bilder und somit auch die Verschiebung des Konvergenzpunktes oder einzelner Objekte relativ zum Scheinfenster. Die gleichzeitige, für die Augen jeweils getrennte Betrachtung, beider Halbbilder bildet die Grundvoraussetzung zur Kontrolle des finalen stereoskopischen Eindrucks. Diese Voraussetzungen sind bereits gegeben und es werden weitere Hilfsmittel folgen, um die Bearbeitung digitaler stereoskopischer Inhalte in Zukunft weiter vereinfachen und beschleunigen zu können.<sup>114</sup>

Mithilfe der notwendigen Korrekturen in der digitalen 3-D Post-Produktion werden die Fehlerquellen in der endgültigen Projektion weiter vermindert werden und somit die Qualität kommender 3-D Filme für den Zuschauer zunehmend steigen.

---

<sup>112</sup> Die Firma interactive effects (kurz kurz IFX) aus Los Angeles, USA, bietet ihren Kunden eine breite Palette an Softwarelösungen im Bereich der digitalen Post-Produktion an. U.a. auch das System *Piranha* welches schon bei der 3-D Produktion „24h -Rennen Nürburgring“, der Firma Kuk Film GmbH, zum Einsatz kam. (Vgl. Homepage des Unternehmens. URL: <http://www.ifx.com>; abgerufen am 22.08.2008).

<sup>113</sup> Das britische Unternehmen Quantel bietet im Bereich der stereoskopischen 3-D Postproduktion hochprofessionelle High-End-Lösungen an. U.a. die Software *Pablo*, erhältlich mit zusätzlichen Werkzeugen zur stereoskopischen 3-D Nachbearbeitung. (Vgl. Homepage des Unternehmens. Link: Products / Stereoscopic 3D . URL: [http://www.quantel.com/site/en.nsf/HTML/products\\_stereoscopic3D?OpenDocument](http://www.quantel.com/site/en.nsf/HTML/products_stereoscopic3D?OpenDocument); abgerufen am 22.08.2008)

<sup>114</sup> Vgl. Jetschin, Bernd / Voigt-Müller, Evelyn: 3D-Postproduktion in Echtzeit. In: Film & TV Kameramann, September 2008, S. 112 - 113

### 3.3 Die digitale Projektion von 3-D Filmen

Als letztes und entscheidendes Glied in der Kette steht die Projektion der digital produzierten 3-D Filme im Kino. Eine technisch einwandfreie Vorführung gilt als Grundvoraussetzung für den Erfolg eines Filmes unabhängig ob es sich dabei um einen 2-D oder 3-D Film handelt. Beim Besuch eines Kino erwartet der Zuschauer für sein Geld höchste Qualität und ein gesteigertes Filmerlebnis. Leider litten frühere stereoskopische Produktionen oft unter den sub-optimalen Eigenschaften analoger 3-D Filmprojektionstechniken.

Bis vor kurzem wurden hierzu zwei analoge Filmprojektoren benutzt, welche mechanisch oder elektronisch miteinander gekoppelt waren, um die Synchronität und somit eine spätere Fusion der beiden Halbbilder zu gewährleisten. Die Projektoren und Zuschauer werden dabei mit entsprechenden Filtern zur Trennung der jeweiligen Halbbilder für das linke und rechte Auge ausgestattet, wodurch ein stereoskopischer Eindruck entsteht.

Durch die Eigenheiten einer analogen Filmprojektion kann es bereits bei geringen Ungenauigkeiten der Filmperforation oder des Filmtransportes zu einem Abweichen der Halbbilder zueinander kommen. Diese Abweichungen im Bildstand führen zu einer fortlaufenden erheblichen Beanspruchung der Augen der Zuschauer. Das Gehirn versucht unentwegt die Unterschiede in den Bildern zu kompensieren. Bei einem 2-D Film ist diese Anstrengung zu vernachlässigen. Bei einem stereoskopischen 3-D Film ist dies jedoch eine nicht zu unterschätzende Belastung des menschlichen Sehapparates. Als physiologische Folgeerscheinungen hieraus können Ermüdungserscheinungen und Schwindel sowie Augen- und Kopfschmerzen beim Zuschauer auftreten. Diese Auswirkungen gilt es in Zukunft zu vermeiden, mit dem Ziel eines „*absolut Bildstandes*“, um den Zuschauern einen hochwertigen und stressfreien stereoskopischen Filmgenuss zu ermöglichen.<sup>115</sup>

---

<sup>115</sup> Vgl. Vierling, 1965, S. 149-50

Mit der Verbreitung digitaler Projektoren in den Kinos soll nun alles besser werden. Hauptsächlich finden dabei Projektoren mit *DLP*<sup>116</sup> - *Technologie* und einer Auflösung von 2k Verwendung. Bei diesen Systemen befindet sich der Film auf einem zentralen Server und wird bei Bedarf digital zugespielt und projiziert. Er liegt hierzu, im Gegensatz zu einer Filmrolle, digital verschlüsselt auf einer Festplatte, im so genannten „Digital Cinema Package“<sup>117</sup>-Container (DCP), vor. Bei der Vorführung wird der Film dann vom Server aus zeitgleich über beide Projektoren synchron projiziert. Fehler im Bildstand entstehen nicht mehr.

Dabei gibt es Methoden, stereoskopische 3-D Filme entweder mit nur einem oder zwei digitalen Projektoren zu zeigen. Bei der Verwendung eines Projektors werden die entsprechenden stereoskopischen Halbbilder, für jedes Auge jeweils drei mal, hintereinander wiederholt. Die normale Bildwiederholrate für eine ruckelfreies Bild im Kino liegt bei 24 Bildern / Sekunde. Somit ergibt sich für jedes Auge ein flimmerfreies Bild mit einer Frequenz von jeweils 72 Hertz. Alle Voraussetzungen und Konventionen für das digitale Kino (engl. D-Cinema) sind zusammengefasst in den DCI<sup>118</sup>-Spezifikationen zu finden.<sup>119</sup>

---

<sup>116</sup> Die Abkürzung DLP steht für Digital Light Processing und ist eine Entwicklung der Firma Texas Instruments. Die DLP-Technologie ist eine innovative Display-Lösung, bei der ein optischer Halbleiter zur digitalen Manipulation von Licht eingesetzt wird. Die extrem zuverlässige, volldigitale DLP-Technologie erzeugt in einer großen Bandbreite an Produkten ein kristallklares Bild, darunter digitale Großbildfernseher, Projektoren für professionelle Veranstaltungen und Heimkino sowie das digitale Kino. Als Varianten stehen 1-Chip und 3-Chip Lösungen zur Verfügung. (Vgl. Homepage von DLP / Texas Instruments. Link: DLP-Technologie - Überblick. URL: [http://www.dlp.com/de/dlp\\_technology/dlp\\_technology\\_overview.asp](http://www.dlp.com/de/dlp_technology/dlp_technology_overview.asp); abgerufen am 23.08.2008)

<sup>117</sup> Der DCP-Container stellt das zukünftige digitale Gegenstück zur analogen Filmrolle dar. Dabei enthält der DCP alle notwendigen Inhalte zur Filmvorführung, wie etwa Film- und Audiodateien, sowie die unterschiedlichen Untertitel. Zusätzlich enthält der DCP eine Verschlüsselungstechnik. Mit beteiligt an der Entwicklung bestimmter Standards war in diesem Zusammenhang das Fraunhofer Institut IIS. (Vgl. Homepage Fraunhofer IIS Post Produktion. URL: <http://www.iis.fraunhofer.de/bf/bv/cinema/Postproduktion.jsp>; abgerufen am 23.08.2008)

<sup>118</sup> Die Abkürzung DCI steht für *Digital Cinema Initiatives, LLC*. Dabei handelt es sich um den Zusammenschluss der wichtigsten Filmstudios Hollywoods: Disney, Fox, Paramount, Sony Pictures Entertainment, Universal und Warner Brothers Studios. Ziel dieser Vereinigung ist die Schaffung von technischen Richtlinien für das digitale Kino, auch D-Cinema genannt. (Vgl. Homepage der DCI. URL: <http://www.dcinovies.com>; abgerufen am 23.08.2008 ).

<sup>119</sup> Vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 73



Um einen Film stereoskopisch zu sehen, ist jedoch immer noch das Tragen einer speziellen Brille notwendig. Derzeit konkurrieren im Bereich des digitalen 3-D Kino drei Systeme um die Gunst der Kinos und Besucher. Im Folgenden werden diese Techniken kurz vorgestellt, sowie deren jeweilige Vor- und Nachteile aufgezeigt.

### 3.3.1 Das Polarisationsverfahren

Projektionssysteme welche, mit polarisiertem Licht arbeiten, werden schon seit einiger Zeit u.a. in den IMAX 3-D Theatern für die Präsentation von stereoskopischen 3-D Filmen eingesetzt. Dazu wird das menschliche Unvermögen genutzt, unterschiedlich polarisiertes Licht als solches wahr zu nehmen und somit voneinander unterscheiden zu können<sup>120</sup>. Bei dieser Methode muss nun zunächst zwischen *linear* oder *zirkular* polarisiertem Licht unterschieden werden.

Wie in Abb. 23 zu erkennen ist, erfolgt eine lineare Polarisation immer

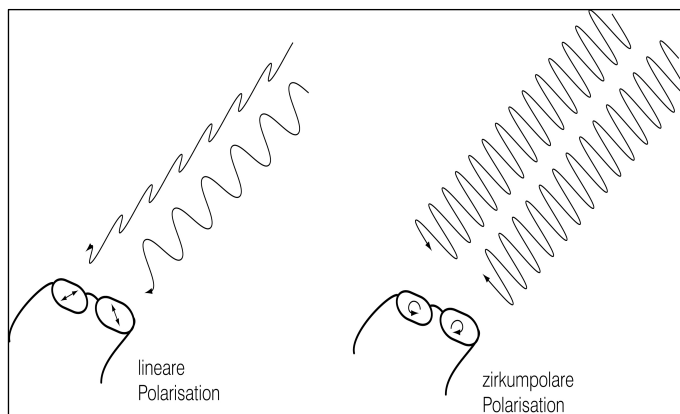


Abb.23 - Unterschiedliche Polarisationsmethoden

nur in einer bestimmten Schwingungsebene welche zuvor, durch das Anbringen von entsprechenden Polfiltern vor dem Strahlengang der Projektoren, festgelegt wird. Die Polfilter der dazugehörigen

Brille lassen jeweils nur die entsprechende Schwingung für das linke sowie das rechte Auge durchdringen. Die Polfilter vor dem linken Auge sperren jeweils das Bild des rechten Auges. Somit wird es möglich, die Halbbilder voneinander zu trennen.<sup>121</sup>

Wird jedoch der Kopf beim Betrachten eines stereoskopischen 3D-Films, bei einer Projektion mit linear polarisiertem Licht, gedreht so ändert sich auch die Polarisationssebene der Brille. Folglich können die Halbbilder nicht mehr sauber voneinander getrennt werden und es entstehen Geisterbilder.

<sup>120</sup> Vierling, 1965, S. 143

<sup>121</sup> Vierling, 1965, S.147

Um diesem Problem entgegenzuwirken, wird auf die Projektion mit zirkular polarisiertem Licht gesetzt. Dabei handelt es sich um eine kreisförmige Schraubenbewegung des polarisierten Lichtes, welche wie auch in Abb. 23 zu erkennen ist, sowohl links- wie auch rechtsläufig sein kann.<sup>122</sup> Die Polfilter der Brille sperren das Bild jeweils für das rechts oder links zirkular polarisierte Licht und sorgen somit für eine saubere Trennung der Halbbilder. Eine Drehung des Kopfes beeinflusst in diesem Falle die Trennung der Halbbilder nicht, da sich die Schwingungen kreisförmig bewegen.

Für die Anwendung beider Systeme ist eine silberbeschichtete Leinwand die Voraussetzung, da polarisiertes Licht entsprechend reflektiert werden muss, um eine saubere Trennung der Halbbilder gewährleisten zu können. Die Kosten einer solchen Leinwand sind etwa 30-60% höher, als die Anschaffungskosten einer regulären Leinwand. Zudem kann es durch die Reflektion der Leinwand bei herkömmlichen Filmen zu Helligkeitsunterschieden im Bild kommen.<sup>123</sup>

Bei der Nutzung eines Systems mit linearer Polarisation werden immer zwei Projektoren benötigt, jeweils mit einem linearen Polarisierer vor dem Projektorsystem. Dagegen bietet die Firma *RealD* aus Los Angeles, USA, ein System mit zirkularer Projektion an, welches mit nur einem digitalen Projektor betrieben werden kann. Hierzu wird ein spezieller Filter, genannt Z-Filter, vor dem Projektor installiert, welcher schnell nacheinander die Polarisationsrichtung der Schwingung ändert. Hierbei wird eine saubere und flimmerfreie Trennung der Halbbilder erreicht. An dieser Stelle sei noch zu erwähnen, dass für die Benutzung eines Z-Filters von RealD zusätzliche Lizenzkosten anfallen.<sup>124</sup> Nach eigenen Angaben von RealD sollen weltweit bereits 98% aller Kinos und somit über 1200 Kinosäle mit deren System ausgestattet sein.<sup>125</sup>

Zusammenfassend sei noch zu bemerken, dass die Anschaffungskosten für die benötigten Brillen bei beiden Systemen verhältnismäßig günstig sind. Bei der Verwendung zweier Projektoren mit linearer Polarisation ist der Gewinn an Helligkeit im Bild durch eine doppelte Lichtleistung nicht zu unterschätzen.

---

<sup>122</sup> Vierling, 1965, S.147

<sup>123</sup> Vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 73

<sup>124</sup> Vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008 S. 73-74;  
Vgl. Umlauff, Ian: Viel Technik für mehr Raum. In: Film & TV Kameramann, September/2008, S. 94

<sup>125</sup> Vgl. Homepage von RealD. Link: What is Real 3D?. URL:  
[http://www.reald.com/index.php/pages/what\\_is\\_reald](http://www.reald.com/index.php/pages/what_is_reald); abgerufen am 25.08.2008)

Dagegen spricht jedoch der Nachteil, dass bei geringer Drehung des Kopfes bereits Doppelbilder entstehen. Zudem kommen immer die Kosten für die Anschaffung einer speziellen Silberleinwand sowie bei RealD die Lizenzgebühren für die Verwendung eines entsprechenden Z-Filters hinzu.

Eine hohe stereoskopische Projektionsqualität ist bei beiden Systemen gegeben.

### 3.3.2 Das Projektionssystem von XPanD

Abb. 24 zeigt den schematischen Ablauf einer Projektions mittels Shutterbrillen-Verfahren.

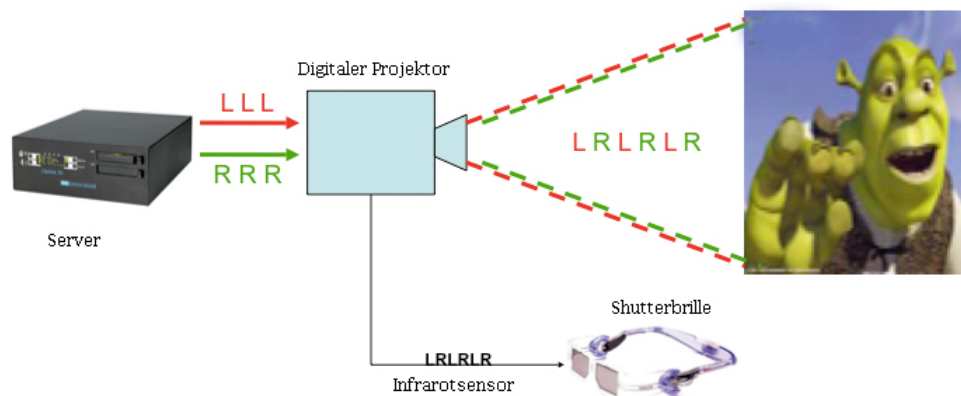


Abb. 24 - Projektion mit Shutter-Brille

Diese Technologie wird derzeit von der Firma *XPanD*<sup>126</sup> angeboten. Hierbei überträgt ein Server, wie im digitalen Kino üblich, die Halbbilder an einen digitalen Projektor. Die zwei Halbbilder für rechtes und linkes Auge werden abwechselnd mit einer Frequenz von jeweils 72 Herz für jedes Auge projiziert. Es findet also eine insgesamt Bildwiederholrate von 144 Herz statt. Während der Vorstellung müssen die Zuschauer eine aktive Shutter-Brille tragen, welche mittels eines Infrarotsenders mit dem Projektor verbunden ist.

<sup>126</sup> *XPanD* ist eine Marke der europäischen Firma X6D Limited. Im Jahre 2008 übernahm X6D Limited das technische Verfahren zur Herstellung aktiver Shutterbrillen von der amerikanischen Firma NuVision Technologies LLC. Aktuell werden alle Technologien der ehemaligen Firma NuVision Technologies, in ihrer Gesamtheit, über die Marke *XPanD* vermarktet. (Vgl. Homepage von *XPanD*. Link: About Us. URL://www.xpandcinema.com/about-us/; abgerufen am 23.08.2008 )

Synchron zum Projektor schliesst sich die Brille jeweils für das linke oder rechte Auge und sperrt somit das entsprechende Halbbild. Den schnellen Wechsel, zur Kanaltrennung der Bilder, bemerkt der Zuschauer dabei nicht.<sup>127</sup>

Das System kann mit nur einem Projektor betrieben werden und benötigt im Gegensatz zum Polarisationsverfahren keine speziell beschichtete Silberleinwand. Das Umschalten zwischen 2-D- und 3-D-Projektion kann laut Hersteller innerhalb von einer Sekunde erfolgen<sup>128</sup>. Dieses System bietet infolgedessen eine hohe Flexibilität, z.B. für kleinere Kinos mit nur einem Kinosaal. Probleme mit der Kopfneigung der Zuschauer, wie es bei der linearen Polarisation der Fall ist, sind ebenfalls nicht vorhanden.

Der Nachteil des Systems von XPanD sind die aktiven Shutterbrillen. In den infrarotgesteuerten Brillen befinden sich jeweils 3v Lithium Knopfzellen. Die Batterien halten dabei maximal 400 Vorstellungen. Ein Wechsel der Batterien ist nicht möglich, da diese im Gehäuse der Brillen eingeschweisst werden, um die Brillen in einem speziell dafür vorgesehenen Gerät nach jeder Vorstellung waschen zu können.<sup>129</sup> Aufgrund dieser technisch bedingten Bauart sind die von XPanD angebotene Shutter-Brillen empfindlicher und wesentlich teurer in der Anschaffung als vergleichsweise günstige Polfilterbrillen aus Plastik oder Pappkarton.

### 3.3.3 Das Infitec-Verfahren

Eine dritte, neuere Entwicklung zur Trennung der Halbbilder beim stereoskopischen 3-D Kino ist die Wellenlängenmultiplextechnologie. Dieses Verfahren wurde 1999 von der Firma Infitec<sup>130</sup> entwickelt und wird in abgewandelter Form unter Lizenz der Firma Dolby Laboratories aktuell unter der Bezeichnung „Dolby Digital 3D“ vertrieben.

---

<sup>127</sup> Vgl. Umlauff, Ian: Viel Technik für mehr Raum. In: Film & TV Kameramann, September/2008, S. 94

<sup>128</sup> Vgl. Homepage von XPanD. Link: XpanD Features. URL: <http://www.xpandcinema.com/technology/features/>; abgerufen am 23.08.2008 )

<sup>129</sup> Vgl. Homepage von XPanD. Link: 3D Cinema Active Glasses Features. URL: <http://www.xpandcinema.com/technology/glasses/>; abgerufen am 23.08.2008 )

<sup>130</sup> Die Firma Infitec aus Ulm ging 1999 aus einem Forschungsprojekt der Daimler Chrysler AG, zur Untersuchung von Visualisierungssystemen mittels Wellenlängenmultiplextechnologie, hervor. Dabei steht der Name Infitec für „Interferenzfiltertechnologie“, welche von der Firma angeboten wird. Seit 2003 leitet die Infitec GmbH ihre Geschäfte unter eigener Leitung. (Vgl. Homepage der Infitec GmbH. URL: <http://www.infitec.net/>; abgerufen am 24.08.2008)

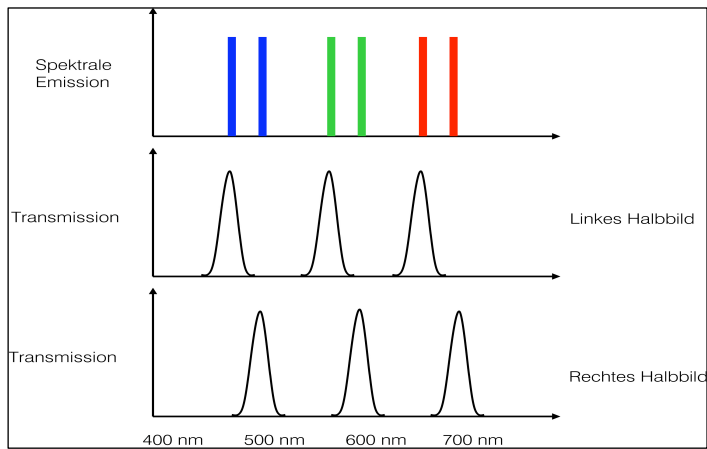


Abb. 25 - Wellenlängenmultiplexverfahren

Bei diesem Verfahren werden die Farbinformationen in den Halbbildern in ihren spezifischen Wellenlänge verschoben. Wie in Abb. 25 vereinfacht zu sehen ist, wird der blaue, grüne und rote Kanal der Bilder jeweils in

Form eines Wellenlängen-Tripels in einen angrenzenden Frequenzbereich verschoben, jeweils für das rechte, wie das linke Halbbild. Diese Verschiebung der Wellenlängen erfolgt mit Hilfe eines Farbrades im Projektor. Zur späteren Trennung der Halbbilder dienen entsprechende Interferenzfilter. Bandpässe in spezialbeschichteten Brillengläsern lassen dabei für jedes Auge jeweils nur die Frequenzbereiche durch, welche das linke oder rechte Halbbild enthalten.<sup>131</sup>

Eine Projektion auf Grundlage der Technologie von Infitec oder Dolby Digital 3D ist mit zwei sowie auch mit nur einem digitalen Projektor möglich. Dabei kann das Bild ohne Probleme an jede beliebige weiße Wand projiziert werden und es gibt zudem kein Problem mit Geisterbildern bei Kopfbewegungen der Zuschauer.

Teurer wird es dagegen bei den technischen Anschaffungen, dieses System betreffend. Zum einen werden eigens gefertigte Farbräder für die Projektoren, zum anderen technisch aufwendig produzierte Brillen für die Betrachter benötigt.<sup>132</sup>

<sup>131</sup> Vgl. Homepage der Infitec GmbH. Informationsbroschüre: Die Technologie der Wellenlängenmultiplex Visualisierungssysteme. PDF-Dokument URL: <http://www.infitec.net/infitec.pdf>; abgerufen am 24.08.2008

<sup>132</sup> Vgl. Janssen, Jan-Keno: 3D 2.0. In: C't, Nr. 16/2008, S. 73/75

### 3.4 Digitale 3-D Kinos im Vergleich GER / AUT / SUI / USA

Die Digitalisierung der Kinos steht weltweit vor der Tür. Einer Erweiterung der Lichtspielhäuser um eine stereoskopische 3-D Option steht nunmehr nichts mehr im Wege. Im Bereich der digitalen Projektion von 3-D Inhalten bieten sich nun verschiedene Möglichkeiten zur Auswahl an. Die unterschiedlichen Systeme der Unternehmen RealD, XpanD und Dolby Digital 3D buhlen dabei um die Gunst der Kinobetreiber.

| Ort                  | Kino                              | Projektion | 3D-Technik                    |
|----------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------|
| <b>Deutschland</b>   |                                   |            |                               |
| 01069 Dresden        | Cinemagnum im Rundkino            | 2K-DLP     | Doppelprojektion              |
| 10785 Berlin         | CineStar IMAX                     | 70-mm-Film | IMAX 3D                       |
| 14806 Belzig         | Hofgarten                         | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 18119 Warnemünde     | Ostsee-Welten 5D                  | 2K-DLP     | Doppelprojektion <sup>1</sup> |
| 28237 Bremen         | Cinespace am Waterfront           | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 40210 Düsseldorf     | Atelier-Kino im Savoy-Theater     | 2K-DLP     | Dolby 3D                      |
| 41061 M'gladbach     | Comet Cine Center                 | 2K-DLP     | XpanD / RealD                 |
| 48683 Ahaus          | Cinotech Münsterland Erlebniskino | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 48429 Rheine         | Cinotech                          | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 50670 Köln           | Cinedom-Blackbox Köln             | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 60313 Frankfurt      | Cinemagnum Zeilgalerie            | 2K-DLP     | Doppelprojektion              |
| 60385 Frankfurt      | Berger Kinos                      | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 69190 Walldorf       | Luxor Filmpalast                  | 2K-DLP     | RealD                         |
| 70173 Stuttgart      | Gloria                            | 2K-DLP     | RealD <sup>1</sup>            |
| 70173 Stuttgart      | Metropol                          | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 74889 Sinsheim       | IMAX (Auto- & Technikmuseum)      | 70-mm-Film | IMAX 3D                       |
| 76137 Karlsruhe      | Schauburg                         | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 80335 München        | Cinema                            | 2K-DLP     | RealD                         |
| 80538 München        | Neues Forum (Deutsches Museum)    | 2K-DLP     | Doppelprojektion              |
| 89231 Neu-Ulm        | Dietrich-Theater                  | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 90403 Nürnberg       | Cinecittà                         | 2K-DLP     | Doppelprojektion/RealD        |
| 90403 Nürnberg       | IMAX im Cinecittà                 | 70-mm-Film | IMAX 3D                       |
| 95028 Hof            | Central Kino                      | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 96328 Küps           | Filmburg Kronach                  | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 97337 Dettelbach     | Cinemagnum im Mainfrankenpark     | 2K-DLP     | Doppelprojektion              |
| 99423 Weimar         | Cinemagnum im Weimarer Atrium     | 2K-DLP     | Doppelprojektion              |
| <b>Österreich</b>    |                                   |            |                               |
| 1100 Wien            | Cineplex Wienerberg               | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 1150 Wien            | Lugner Kino City                  | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 1200 Wien            | UCI Kinowelt Millenium City       | 2K-DLP     | Real-D                        |
| 1220 Wien            | Cinemagnum Reichsbrücke           | 2K-DLP     | XpanD / Doppelprojektion      |
| 4020 Linz            | Cineplexx (Cinemagnum)            | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 4061 Pasching        | Hollywood Megaplex                | 2K-DLP     | Real D                        |
| 5020 Salzburg        | Cineplexx (Cinemagnum)            | 2K-DLP     | Doppelprojektion              |
| 6020 Innsbruck       | Cineplexx                         | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 6845 Hohenems        | Cineplexx Cinemagnum)             | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 8055 Graz            | Cineplexx (Cinemagnum)            | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 8200 Gleisdorf       | Diesekino                         | 2K-DLP     | Real D                        |
| <b>Schweiz</b>       |                                   |            |                               |
| 8180 Bülach          | Kino ABC                          | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 8620 Wetzikon        | Rio Kino                          | 2K-DLP     | XpanD                         |
| 9240 Uzwil           | City Kino                         | 2K-DLP     | XpanD                         |
| <sup>1</sup> geplant |                                   |            |                               |

Tabelle 1 - Digitale Kinos Ger / Aut / SUI

Für den Zuschauer macht es keinen Unterschied, welche der Systeme bei der Vorführung benutzt wird. Alle in Abschnitt 4.2 vorgestellten digitalen Technologien sind heute ausgereift. Eine Brille als Hilfsmittel wird bei jedem System benötigt.

Ein wichtiger Faktor bei der Entscheidung wird sicherlich die Finanzierung der Systeme sein hinsichtlich deren Kosten für Neuanschaffung, Umrüstung und Instandhaltung. Mitentscheidend ist auch die Möglichkeit, die bestehenden Leinwände der Kinosäle für traditionelles Kino sowie auch für digitales 3-D Kino weiterhin benutzen zu können, wie es etwa beim System von XPanD oder Dolby Digital 3D der Fall ist. Eine technische Umrüstung fällt hier geringer und preisgünstiger aus, als etwa bei Systeme mit Polfilter-Technik, bei denen der Kauf einer Silberleinwand unumgänglich ist.

Tabelle 1 bietet hierzu einen Überblick über alle bisher 3D-fähigen Kinos in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In Deutschland befinden sich bis jetzt 23 Kinos mit digitaler 3-D Projektionstechnik. Mit einer Anzahl von 12 Kinos wird das aktive Brillen-System von XPanD in Deutschland am häufigsten genutzt. Nachfolgend kommt RealD mit 4 Kinos und Schlusslicht bildet Dolbys Digital 3-D System mit nur einem Kino in Deutschland. In Österreich gibt es bereits 11 digital ausgerüstete 3-D Kinos, eine Mehrzahl von 7 Kinos nutzt die Technologie von XPanD. Immerhin drei digitale 3-D fähige Lichtspielhäuser gibt es in der Schweiz, allesamt ausgerüstet mit einem europäischen System von XPanD.

In den USA dagegen ist RealD mit eigenen Systemen in 90% aller digitalen 3-D Kinos Marktführer. Hauptgrund hierfür ist das außergewöhnliche Rechtssystem der USA. Da Brillen des Systems von RealD vergleichsweise kostengünstig in der Anschaffung sind, können diese nach einmaliger Nutzung entsorgt werden. Teure Brillen wie etwa von XPanD werden nach der Vorstellung in einer speziellen Maschine gereinigt und wiederbenutzt. Würde sich nur ein Kinobesucher in den USA eine Augeninfektion aufgrund einer nicht gereinigten 3-D Brille zuziehen, so könnte er den Kinobetreiber verklagen, was sogar für große Kinoketten eine finanzielle Katastrophe bedeuten könnte. Somit setzen Kinos in den USA lieber auf günstige Wegwerfbrillen und somit auf das System von RealD.

Je nachdem, worauf die Kinos im Einzelnen Wert legen, kann die Wahl dabei auf eine entsprechende Technik fallen. Der Markt ist vorhanden und hat m.E. nach eine sichere Zukunft.

### 3.5 Kommende stereoskopische Filmproduktionen

Tabelle 2 zeigt abschließend noch eine Auflistung von stereoskopischen 3-D Filmen, die noch Ende 2008, bzw. 2009 in die Kinos kommen werden. Bei einigen Filmen ist noch nicht geklärt, ob es auch eine Veröffentlichung in deutschen Kinos geben wird.

| Titel                                      | Inhalt  | Starttermin                          |
|--|---|--------------------------------------|
| Journey to the Center of the Earth         | Adaption des Jules-Vernes-Klassikers mit Brendan Fraser                         | US-Start: 11. Juli 2008 <sup>1</sup> |
| Fly Me to the Moon                         | Drei kleine Hausfliegen machen eine Reise zum Mond – mit der NASA.              | US-Start: 8. Aug. 2008 <sup>1</sup>  |
| Bolt                                       | TV-Star-Schäferhund stellt fest, dass seine Superkräfte nur Fernsehtricks sind. | D-Start: 22. Jan. 2009               |
| My Bloody Valentine 3-D                    | Horror: Mann besucht Heimatstadt und wird als Massenmörder verdächtigt.         | US-Start: 23. Jan. 2009 <sup>1</sup> |
| Monsters vs. Aliens                        | Science-Fiction-Comic-Spaß: Vier eigenwillige Supermonster retten die Welt.     | D-Start: 2. April 2009               |
| Coraline                                   | Kleines Mädchen entdeckt hinter einer Geheimtür ein Paralleluniversum.          | D-Start: 28. Mai 2009                |
| Up (dt. Titel: Hoch)                       | Alter Mann reist mit seinem Kumpel um die Welt.                                 | D-Start: 1. Okt. 2009                |
| Ice Age: Dawn of the Dinosaurs (Ice Age 3) | Dritter Teil des Dreamworks-Eiszeit-Kassenschlagers                             | D-Start: 2. Jul. 2009                |
| G-Force                                    | Hamster und Meerschweinchen retten die Welt vor diabolischem Milliardär.        | D-Start: 27. Aug. 2009               |
| Piranha 3-D                                | Remake des Horror-B-Movies von 1978, Regie führt Alejandro Aja.                 | US-Start: 24. Jul. 2009 <sup>1</sup> |
| Toy Story in 3-D (Neuaufgabe)              | 3D-Re-Release des Pixar-Klassikers mit Woody und Buzz Lightyear                 | US-Start: 2. Okt. 2009 <sup>1</sup>  |
| Horrorween                                 | Horror-Comedy mit Jenna Jameson und Tila Tequila                                | US-Start: 30. Okt. 2009 <sup>1</sup> |
| A Christmas Carol                          | Adaptation der Dickens-Weihnachtsgeschichte von Robert Zemeckis                 | US-Start: 6. Nov. 2009 <sup>1</sup>  |
| Avatar                                     | Science-Fiction von James Cameron („Titanic“, „Terminator“)                     | D-Start: 17. Dez. 2009               |
| Escape from Planet Earth                   | Science-Fiction-Comedy: Eine Alien-Gang plant den Ausbruch aus Area 51.         | US-Start: 2009 <sup>1</sup>          |
| How to Train Your Dragon                   | Kinderbuch-Adaption: Wikinger-Junge trainiert zahnlosen Drachen.                | US-Start: 2009 <sup>1</sup>          |

<sup>1</sup> noch kein Deutschland-Starttermin bekannt

Tabelle 2 - Kommende 3-D Filme 2008 / 2009

In den US-Kinos sind stereoskopische Produktionen dagegen ein ernst zu nehmendes Thema und ein nicht zu vernachlässigender Markt. Noch hinzu haben zwei Riesen aus der Filmbranche, Disney und Pixar, verkünden lassen, kommende Produktionen nur noch in 3-D in die Kinos zu bringen.<sup>133</sup>

Trotz der großen Euphorie in den USA bleibt die Entwicklung in Deutschland zunächst abzuwarten. Das Angebot an 3-D Blockbustern steigt jedoch auch hierzulande gegen Ende des Jahres 2008 stark an und am Publikum für diese Filme wird es m.E. nach auch in Deutschland nicht fehlen. Auf jeden Fall bestehen prinzipiell die technischen Vorraussetzungen, um kommende stereoskopische Filme auch in deutschen Kinos sehen zu können.

<sup>133</sup> Vgl. Artikel der Onlinezeitung *guardian.co.uk*, kein Autor, vom 9. April 2008. (Homepage von *guardian.co.uk*. URL: <http://www.guardian.co.uk/film/2008/apr/09/news>; abgerufen am 24.08.2008)



#### 4. Schlusswort

Ab Ende des Jahres 2008 wird in Deutschland eine Welle neuer 3-D Filme in die Kinos kommen. Dabei wird es sich diesmal nicht um 45-minütige IMAX-Dokumentationen über Dinosaurier oder Delphine handeln. Es werden eine Menge abendfüllender Spielfilme für jede Altersgruppe im Programm sein und es wird sich zeigen wie das Publikum dieses Angebot annimmt. Doch diese Entwicklung gab es schon einmal.

Denn bei der Stereoskopie geht es um nichts anderes als den Versuch, den Zuschauer noch stärker ins Geschehen mit einzubinden. Eine räumliche Tiefe, wie sie erst durch stereoskopische Bilder entsteht, gibt einem Film im Kino eine zusätzliche Dimension. Diese Art der Unterhaltung wird momentan von vielen Zuschauern weltweit bestaunt und ist den meisten auch einen Aufpreis an der Kinokasse wert. Die Kinobetreiber hoffen natürlich, dass diesmal, mithilfe der digitalen Kinotechnik, die Rückkehr des 3-D Films von größerer Dauer sein wird und sich durch diesen Mehrwert an Unterhaltung die leer gewordenen Kinosäle wieder füllen lassen.

Betrachtet man nun die aktuellen Entwicklungen und die Möglichkeiten der digitalen Produktion von stereoskopischen Inhalten, so muss man zu der Überzeugung gelangen, dass die Grundvoraussetzungen für ein dauerhaftes Überleben der Stereoskopie diesmal gegeben sein müssten. Hierbei geht es zunächst hauptsächlich um Produktionen, die für eine Auswertung im Kino geplant sind. Der Genuss stereoskopischer Filme im Heimbereich befindet sich zwar auch schon in der Entwicklung, ist aber m.E. nach noch Zukunftsmusik. Was jedoch das Produzieren in 3-D für die große Leinwand betrifft, so stehen neuerdings alle Türen der digitalen Kino-Welt weit offen.

Mit dem 3-D Rig von P&S Technik steht nun auch zum ersten Mal der Öffentlichkeit ein Werkzeug zu Verfügung, mit dem es, bei unterschiedlichsten Budgetierungen, möglich sein wird, stereoskopische Filme zu produzieren. Sei es nun für die Herstellung eines lokalen 3-D Kino-Werbefilmes oder für die Produktion eines 90-Minuten Langspielfilmes in 3-D. Das System ist flexibel und der Zweck bzw. das Geld bestimmt in diesem Fall die Mittel. Somit sind Produktionen in 3-D nicht, wie bisher, schon aufgrund eines zu geringen Budgets zum Scheitern verurteilt.

Diese Entwicklung gibt nun auch dem Nachwuchs die Chance, sich auf dem Feld der Stereoskopischen Filmproduktion zu betätigen und aus Fehlern zu lernen, welche im digitalen Zeitalter weniger schwer wiegen als beim Drehen auf Film.

Die digitale Technik ermöglicht es zusätzlich, Ergebnisse auf einem Display sofort in 3-D sichtbar zu machen und auf etwaige Fehler hin überprüfen zu können. Das schafft Platz für Experimente und Versuche auf dem Feld der digitalen 3-D Technik. Somit kann auf Dauer auch ein Pool von Spezialisten entstehen, welcher im gegenseitigen Erfahrungsaustausch voneinander lernen kann.

Ferner besteht die Möglichkeit eventuelle Fehler welche während eines Drehs gemacht wurden, im Nachhinein durch Zuhilfenahme digitaler Postproduktionswerkzeuge auszubessern. Zudem bringt ein Arbeitsablauf, auf rein digitaler Ebene, in der Nachbearbeitung stereoskopischen Materials Vorteile in Sachen Geschwindigkeit und eine enorme Kostenersparnis. Der Schnitt und die Farbkorrektur erfolgen dabei in Echtzeit und 3-D. Der stereoskopische Effekt kann sofort beurteilt und anschließend für eine spätere Projektion optimiert werden. Fehler, die früher erst in der endgültigen Projektion im Kino negativ auffielen, können nun schon im Vorherein beseitigt werden.

Der Hauptgewinner bei all diesen technischen Fortschritten ist der Zuschauer. Das digitale Kino schafft, durch seinen technischen Fortschritt in der Projektionstechnik, ein ausgesprochen brillantes und gestochen scharfes Seh-Vergnügen für den Betrachter. Aktuelle 3-D Filme sind in ihrer Bildqualität mit Nichts bisher gesehenem zu vergleichen. Das Filmerlebnis spielt sich nicht auf der Leinwand, sondern mitten im Kino ab. Wer einmal selbst im Kinosessel das schwindelregende Gefühl hatte, beim Blick von einem 60 Stockwerke hohen Gebäude wahrhaftig in die Tiefe zu stürzen, der wird diese Authentizität im Kino nie mehr missen wollen.

Neben einer hochqualitativen Projektion als Grundvoraussetzung wird es in Zukunft jedoch hauptsächlich von der inhaltlichen Qualität der produzierten Filme abhängen, ob sich eine dauerhafte Akzeptanz bei der breiten Masse einstellen wird. Denn nur auf Effekte zu setzen wird auf Dauer nicht funktionieren. Wichtig in diesem Zusammenhang ist das Erlernen einer neuen stereoskopischen Bildsprache. Es muss ein Umdenken bei den Produzenten und Regisseuren statt finden. Das betrifft die Aufnahme sowie den Schnitt des 3-D Materials. Dabei müssen gänzlich andere Maßstäbe angelegt werden, als beim traditionellen Filmdreh. Beim Besuch eines 2-Stunden Filmes muss der stereoskopische Effekt so dezent in den Hintergrund treten, dass der Betrachter zwar stärker in die Handlung integriert ist, das aber nicht mehr bewusst wahrnimmt.

Der dreidimensionale Eindruck darf nicht als reines Effektwerkzeug benutzt werden, sondern gezielt eingesetzt werden. Ansonsten besteht die Gefahr den Zuschauer auf Dauer eher zu überfordern. Kommende 3-D Filme werden zeigen, wie mit den zur Verfügung stehenden Mitteln umgegangen wird.

Für viele Filmschaffende, wie auch für mich als angehenden Kameramann, bietet der Dreh von stereoskopischen Filmen ungeahnte neue Herausforderungen in Sachen Bildgestaltung. Das Drehen in 3-D erfordert ein starkes Umdenken, gibt aber auch Freiraum für neue Ideen. Moderne stereoskopische Filme sind schon längst keine Jahrmarktsattraktionen mehr. Sie stellen vielmehr heute die höchste Stufe bildlicher Wiedergabe dar. Dabei werden Geschichten dem Zuschauer noch näher und intensiver dargeboten. Vielleicht wird die eigene 3-D Designerbrille in Zukunft genauso zum normalen Gebrauchsgegenstand werden wie es heute z.B. Mobiltelefone sind. Bleibt noch zu hoffen, dass aufgrund des technischen Fortschritts eine dementsprechende Brille - als Voraussetzung zur Betrachtung stereoskopischer Filme - irgendwann auch nicht mehr nötig sein wird.

Unabhängig von den Entwicklungen im Kino wird sich ebenfalls in anderen Bereichen der stereoskopischen Aufnahme viel Neues ereignen. Die Möglichkeit einer kostengünstigen 3-D Projektion wird im Bereich der Produktion von Werbe-, Image- und Industriefilmen auf ein breites Interesse stossen. Bereits jetzt bereiten sich Produktionsfirmen auf kommende Aufträge vor, um für eine stereoskopische Zukunft gerüstet zu sein. Denn wenn erst einmal die grossen Konzerne ihren Kunden stereoskopische Inhalte in Form von 3-D Kinowerbung bieten, dann wird sich in kürzester Zeit ein Markt für die unterschiedlichsten Arten von Anwendungsmöglichkeiten auf dem Gebiet der digitalen Stereoskopie entwickeln. Bleibt zu hoffen, dass bei einer Fülle von Produktionen die Qualität dabei nicht - wie schon oft in der Vergangenheit - auf der Strecke bleibt.

Als letzte Konsequenz aus dem Erfolg der Stereoskopie wird sich diese Technik auch auf den Heimbereich auswirken. Erste Geräte werden bald auf dem Markt sein. Auch hier wird es dann möglich sein 3-D Filme ohne Brille, sozusagen autostereoskopisch, betrachten zu können. Die Hersteller dieser Geräte warten jedoch zunächst auf den Erfolg der 3-D Filme an den Kinokassen. Sollte sich hier, wie prophezeit, in den nächsten Jahren eine hohe Akzeptanz und ein steigendes Interesse zeigen, so ist der Weg bereitet für alle weiteren Schritt in Richtung eines stereoskopischen Zeitalters.

## 5. Literaturverzeichnis

### *Bücher*

BAUER, Richard; GRAF, Eva

Karl Valentis München, Stereoskop-Photographien von 1855 bis 1880

Heinrich Hugendubel Verlag, Kreuzlingen / München, 2007

ISBN: 978-3-7205-3044-6

BODE, Rainer

3D-aber wie! Von den Magischen Bildern zur 3D-Fotografie

Bode Verlag GmbH, Haltern, 1994

ISBN 3-925094-64-4

GOLDSTEIN, E. Bruce

Wahrnehmungspsychologie.

Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2002 (2. dt. Aufl.)

ISBN 3-8274-1083-5

HARTWIG, Prof. Th. ,

Das Stereoskop und seine Anwendungen, Aus Natur und Geisteswelt,

Sammlung wissenschaftlich - gemeinverständlicher Darstellungen,

Verlag B. G. Teubner, Leipzig ( 1907 )

HELMHOLTZ, H. v.

Handbuch der physiologischen Optik. 3. Aufl. 3. Bd.

Hamburg und Leipzig, Verlag von Leopold Voss ( 1910 )

HOFFMANN, Albrecht

Das Stereoskop - Geschichte der Stereoskopie,

Deutsches Museum, München ( 1990 )

KUHN, Gerhard

Stereo-Fotografie und Raubild-Projektion, Verlag für Foto, Film und Video,

Gilching ( 1999 )

ISBN 3-88955-119-X

MONACO, James

Film verstehen; Kunst, Technik, Sprache, Geschichte und Theorie des

Films und der Medien

8. Auflage, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbeck bei Hamburg, 2006

ISBN: 3-499-60657-7

STOLZE, Prof. Dr. F.

Die Stereoskopie und das Stereoskop in Theorie und Praxis, 2. Auflage

Verlag von Wilhelm Knapp, Halle, 1908

VIERLING, Dr. Otto  
Optik und Feinmechanik in Einzeldarstellungen / Die Stereoskopie in der  
Photographie und Kinematographie, Band 5,  
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbh Stuttgart ( 1965 )

ZONE, Ray  
Stereoscopic Cinema & the Origins of 3-D Film, 1938 - 1952  
The University Press of Kentucky, 2007  
ISBN: 978-0-8131-2461-2

### *Nachschlagewerke*

Brockhaus Enzyklopädie  
Band 15, 14. Aufl., Verlag F.A. Brockhaus in Leipzig, Berlin und Wien  
( 1895 )

Duden - Das Fremdwörterbuch  
Band 5, 7. Aufl., Verlag Mannheim / Leipzig / Wien / Zürich, 2001

### *Sonstige Schriften*

Broschüre: Patienten-Information Dr. Mann Pharma, Glaukom  
Brunsbütteler Damm 165-173, 13581 Berlin

### *Fachzeitschriften*

Cut - das broadcast-magazin  
Ausgabe Sommer 2008, 12. Jahrgang, Heft Nr. 89, Juni 2008  
Verlag: CUT Media GmbH, Frankfurt

c´ t - magazin für computer technik  
Ausgabe Nr. 16, vom 21.7.2008  
Verlag: Heise Zeitschriften GmbH & Co. KG, Hannover

Film & TV Kameramann  
Ausgaben: November 2007, Juni 2008, Juli 2008, August 2008,  
September 2008  
Verlag: I. Weber, Film & TV Kameramann, München

Professional Production  
Technologie und Medienrealisation in Film und Video  
Ausgaben: Nr. 218 / Mai 2008, Nr. 219 / Juni 2008  
Verlag: EuBuCo GmbH, Hochheim am Main

### *Internet - Online-Nachschlagewerke und Datenbanken*

dict.cc - Deutsch/Englisch-Wörterbuch Online

<http://www.dict.cc>

10.08.2008

IMDb - The Internet Movie Database (USA)

<http://www.imdb.com>

10.08.2008

Meyers Lexikon Online 2.0

<http://lexikon.meyers.de>

10.08.2008

Wikipedia - Die freie Enzyklopädie (Deutschland)

<http://de.wikipedia.org>

10.08.2008

### *Internet - Sonstige Web-Auftritte*

3ality Digital LLC. - Homepage

<http://www.3ality.com>

21.08.2008

CMotion - Homepage

<http://cmotion.eu>

20.08.2008

Digitale Cinematographie - Homepage

<http://www.digitale.cinematographie.de>

12.08.2008

Digital Cinema Initiatives, LLC (DCI) - Homepage

<http://www.dcinovies.com>

23.08.2008

DLP Technology - HDTV, DLP Projectors, Cinema and Home Theater

<http://www.dlp.com>

23.08.2008

Fraunhofer IIS - Homepage

<http://www.iis.fraunhofer.de>

23.08.2008

IBC - The world of content creation management delivery - Homepage

<http://www.ibc.org>

12.08.2008

Iconix Video - Homepage  
<http://www.iconixvideo.com>  
22.08.2008

Infitec GmbH  
<http://www.infitec.net>  
24.08.2008

Interactive Effects - Software for film and Video - Homepage  
<http://www.ifx.com>  
22.08.2008

Münchner Stadtmuseum - Homepage  
<http://www.stadtmuseum-online.de>  
20.08.2008

NAB - National Association of Broadcasters - Homepage  
<http://www.nab.org>  
12.08.2008

PACE - Homepage  
<http://www.pacehd.com>  
20.08.2008

P&S Technik - Professional Cine Equipment Manufacture  
<http://www.pstechnik.de>  
20.08.2008

Quantel - Homepage  
<http://www.quantel.com>  
22.08.2008

RBT-Raumbildtechnik GmbH - Homepage  
<http://www.rbt-3d.de>  
21.08.2008

RealD - The Global Leader in 3D - Homepage  
<http://www.reald.com>  
23.08.2008

The Guardian.co.uk - Latest news, sport, business, comment and reviews  
<http://www.guardian.co.uk>  
24.08.2008

Tycho Brahe Planetarium - Homepage  
<http://www.tycho.dk>  
21.08.2008

U2 3D: The First Live-Action 3D Concert Movie, Featuring U2 - Homepage  
<http://www.u2-3d.de>  
21.08.2008

Virtual Experience GmbH - Homepage  
<http://www.virtual-experience.de>  
24.08.2008

XPanD - 3D digital cinema experience - Homepage  
<http://www.expandcinema.com>  
23.08.2008

## 6. Quellenverzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Patienten-Information Dr. Mann Pharma,  
Glaukom = Grüner Star, S.4  
Brunsbütteler Damm 165 - 173, 13581 Berlin

Abbildung 2/3: 3D-aber wie!, Bode; Rainer, 1994, S. 8,  
ISBN 3-9250094-64-4

Abbildung 4: Stereofotografie und Raumbildprojektion; Kuhn, Gerhard,  
1999, S. 41

Abbildung 5: Die Stereoskopie in der Photographie und Kinematographie;  
Vierling, Otto, 1965, S. 9

Abbildung 6: Die Stereoskopie in der Photographie und Kinematographie;  
Vierling, Otto, 1965, S. 12

Abbildung 7: Die Stereoskopie in der Photographie und Kinematographie;  
Vierling, Otto, 1965, S. 18

Abbildung 8: Die Stereoskopie in der Photographie und Kinematographie;  
Vierling, Otto, 1965, S. 18

Abbildung 10: Stereofotografie und Raumbildprojektion; Kuhn, Gerhard,  
1999, S. 23

Abbildung 11: Stereofotografie und Raumbildprojektion; Kuhn, Gerhard,  
1999, S. 24

Abbildung 12: Wheatstone, Ch.: Contributions to the Physiology of Vision,  
in: Philosophical Transactions,  
London 1838, 1. Bd., [S. 371 ff, Tafel 10]

Abbildung 13: Wade, N. J. Brewster and Wheatstone on Vision, London  
1983, [S. 34]



Abbildung 14: Tillmann, U.: Geschichte der Photographie,  
Stuttgart 1981, S. 189

Abbildung 15: Auer, M: Histoire illustrée des appareils photographiques,  
Lausanne 1975, S. 227

Abbildung 16: Deutsches Museum, Bildarchiv Sondersammlung

Abbildung 19: Homepage des Unternehmens P&S Technik in München;  
Link 3D Rig - Recording Basics  
URL: <http://www.pstechnik.de/en/3d-basics.php>; abgerufen  
am 22.08.2008

Abbildung 20: Homepage des Unternehmens RBT-Raumbildtechnik GmbH:  
Link: 3-D Digitalsysteme  
URL: [http://www.rbt-3d.de/  
index.php?client=1&lang=1&idcat=57&idart=141&m=&s=](http://www.rbt-3d.de/index.php?client=1&lang=1&idcat=57&idart=141&m=&s=)  
abgerufen am 22.08.2008

Abbildung 21: Homepage des Unternehmens P&S Technik in München;  
Link 3D Rig - Recording Basics  
URL: <http://www.pstechnik.de/en/3d-basics.php>;  
abgerufen am 22.08.2008

Abbildung 22: Film & TV Kameramann, September 2008, S.84,  
Copyright Ian Umlauff

Abbildung 23: zur Verfügung gestellt von Florian Maier, 3-D Consult,

Abbildung 24: Aus einer Powerpointpräsentation der Firma MikroM GmbH,  
Holger Krahn,  
Thema: 3D in Transmission & Projection,  
Hands on HD Workshop Hannover 2008

Abbildung 25: Informationsbroschüre der Firma Infitec GmbH:  
„Die Technologie der  
Wellenlängenmultiplex Visualisierungssysteme“;  
PDF-Datei erhältlich unter <http://www.infitec.net/infitec.pdf>

## **7. Selbständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Starnberg, den 28.08.2008

---

Maximilian Laufer